

日本海久六島西方斜面でのタービダイトの海底観察

中嶋 健^{*1}

1983年日本海中部地震震源域に当たる久六島西方斜面でタービダイトを海底で確認し、タービダイトの堆積過程や1983年日本海中部地震との関係を明らかにするために、「しんかい6500」による潜航調査を行った。

その結果、海底にはパミスに富んだ砂が、部分的に泥を被るだけで露出している様子が観察され、火山岩やシルトの礫が点在していることが確認された。この堆積物の分布や堆積構造から、これらは谷のなかに堆積したタービダイトと考えられる。この谷の上流に当たる久六島付近の斜面上部にはパミスや火山岩の分布が知られていることから、斜面上部の地滑りにより発生したタービディティークレントによりこのタービダイトが堆積したと考えられる。海底でのタービダイトの産状はこのタービダイトが極く最近に堆積したことを示しており、1983年日本海中部地震をトリガーとして堆積した可能性が高い。

Submersible Observation of Turbidite on the Slope West of Kyuroku Island in the Japan Sea

Takeshi NAKAJIMA^{*2}

A dive survey was made using the submersible "Shinkai 6500" at the slope west of Kyuroku Island, the epicentral region of the 1983 Japan Sea earthquake, in order to observe the turbidite directly at sea-bottom so that the process of deposition, especially the relationship between turbidite and the 1983 earthquake may be clarified.

As a result of the dive survey, pumiceous sand with partial thin mud cover were observed at sea-bottom. Gravels of volcanic rocks and silt scattered at sea-bottom were also observed. These sediments are regarded as the turbidite deposited in the submarine canyon. Since pumice and volcanic rocks are distributed in the upper slope around Kyuroku Island, the upper stream of this canyon, this turbidite can be thought to have been derived from the upper slope, transported by a turbidity current triggered by slope failure. Turbidite observed at sea-bottom surface with fairly thin mud cover indicates the recent deposition of it, which strongly suggests that the deposition of it was triggered by the 1983 earthquake.

* 1 地質調査所海洋地質部

* 2 Marine Geology Department, Geological Survey of Japan

東縁部は、東側に奥尻海嶺があって陸源の粗粒堆積物はその東側の西津軽海盆にトラップされている。また南東側の最上トラフからの陸源の粗粒堆積物の供給経路になりうる最上深海長谷は途中で何度も途切れて消滅している。したがって陸域から日本海盆南東縁部へ多量の砂質堆積物が供給される可能性が低いと考えられる。一方、音波探査の記録からは男鹿半島西方から久六島にかけての斜面域には大規模な地滑り地形と地滑り堆積物が発達していることが明らかになっており、この付近の斜面の崩壊により斜面下の最上トラフ北部及び日本海盆東縁にタービダイトが供給されている可能性が高い(中嶋ほか, 1992)。地滑りを起こしている斜面域の水深は500-2,500と深く、嵐や洪水などによってタービディティーカレントが発生している可能性はきわめて低い。したがってタービダイトは地震によって引き起こされた斜面崩壊によって堆積したと考えられる。

この考えを証明するためには、まず1983年日本海中部地震時に堆積したと考えられるタービダイトが海底表層に確認されなければならない。このため、コアのトップに砂層が認められた地点の1つで、この砂層を海底で実際に確認し、このタービダイトの供給方向を推定するために1991年に「しんかい6500」による潜航を行った。潜航の結果、海底は泥で覆われコアのトップに認められた砂層は確認できなかった。しかしながら海底を覆う泥は粒度分析の結果、泥質タービダイトである可能性が高いことが明らかになった(中嶋・片山, 1992)。もし、表層までタービダイトであるなら、その供給源と見られる斜面域及び斜面直下の海盆底には、より粗粒な組成のタービダイトが分布しているはずである。

1992年までの地質調査所の白嶺丸による調査で、久六島西方の斜面上部から日本海盆にかけての図1に示す地点からほぼ海底に露出していると考えられるパミスに富んだタービダイト砂層を採取した。そこで今回は、実際に海底でこのタービダイトの産状や堆積構造の海底観察を行い、また試料を採取してこのタービダイトの堆積過程を明らかにし、地震との関連を明らかにする目的で久六島西方の斜面中部の海底谷中で「しんかい6500」による潜航調査を行った。

2 潜航点周辺の地形・地質

2.1 地形

潜航点は久六島を中心とする高まりから西側の日本海盆底にわたる斜面の中部に位置している(図1)。この斜面は、久六島の南北及び西方の水深1,500m以浅の斜面上部では特に20°以上の急傾斜となっている(海上保安庁水路部, 1992)。潜航直前に実施した「よこすか」のマルチナロービームによる地形調査(図2)では、潜航点付近の斜面中部は水深2,200m以深ではなだらかで、東西方向の幾つかのリッジと谷がくりかえしている。リッジの上には比高約150mの小丘が幾つか認められる。潜航点(水深2,670m)はこのリッジで区切られた東西方向の谷の1つの軸部にあたる。この谷は幅1-2km程度あり、その中は緩やかな斜面となっている(図2, 3)。

地質調査所の白嶺丸による調査では、潜航点付近をほぼ南北に横切るサイドスキャンソナーの測線で、谷のなかに帯状の強反射帯と波長20-30mの南北方向のウェーブ状の地形が認められている(村上・岡村, 1993)。

2.2 地質

久六島周辺の斜面上部の急崖からはドレッジにより、ほぼ現地性と考えられる安山岩や凝灰岩及びパミスなどが得られている(岡村ほか, 1990)。海上保安庁水路部(1992)も久六島付近の斜面上部から黒雲母・角閃石を斑晶鉱物としても新鮮なパミス及び安山岩礫を採取している。また過去の「しんかい2000」による調査では久六島西麓の急斜面中腹に、流紋岩質岩石や成層した堆積岩の露頭及び新鮮な玄武岩質の礫が確認されている(田中ほか, 1987)。以上のことから久六島付近の斜面上部の急崖は流紋岩質〜玄武岩質火山岩や凝灰岩及び堆積岩などで構成され、パミスや火山岩礫が海底面に露出していると考えられる。一方斜面中部の、潜航点のある谷の約1km北のリッジ上では粘土を主体としたコアが得られており(岡村ほか, 1990のJT-92)、リッジ上では泥質堆積物が主に堆積していると考えられる。

3 潜航の概要と結果

「しんかい6500」による第138潜航は、谷の軸部にほぼ沿い、水深2,670mから水深2,590mまで谷

1 はじめに

1983年日本海中部地震は、男鹿半島北西方の最上トラフ北部を震央とし、その北東の久六島付近から松前海台にかけての奥尻海嶺南部に沿った日本海盆東縁を余震域として発生した(図1)。この地震はマグニチュード7.7で、日本海を震源とする地震では最大級のものであり、日本海沿岸に大きな津波の被害をもたらした。一方日本海東縁部は新しい収束域である可能性が指摘されており(中村, 1983; 小林, 1983), この日本海中部地震を契機に日本海東縁部が巨大地震の発生域として注目を浴びるようになった。

地質調査所による日本海中部地震震源域の調査の結果、震源域及びその周辺にあたる最上トラフ

北部から日本海盆東縁部にかけてタービダイトが分布していることがわかった(中嶋ほか, 1990)。特に日本海盆東縁の震源域に近いところから採取された2本のコアはタービダイト砂層を頻繁に挟在し、コアのトップにも砂層が認められた。タービダイトのなかには地震をトリガーとして堆積するものが知られているが(Normark and Piper, 1991), これらのコアに挟在するタービダイトも1983年日本海中部地震及び過去の地震をトリガーとして堆積した可能性があると考えられた。この考えが正しければこれらのタービダイトから、この海域の巨大地震の発生頻度を推定することも可能となる。(中嶋ほか, 1991)。

これらのタービダイトが採取された日本海盆南

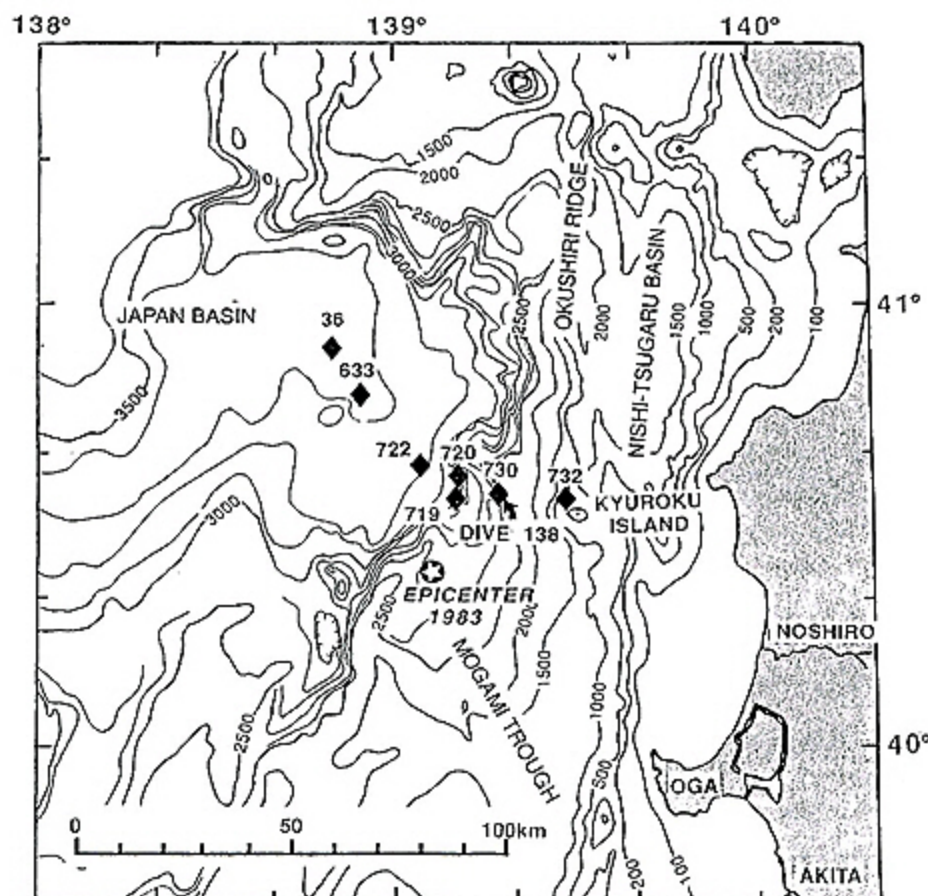


図1 1983年日本海中部地震震源域周辺の海底地形図および「しんかい6500」による第138潜航点。◆：白嶺丸により海底表層からタービダイト砂層が採取された地点

Fig. 1 Submarine topography around the epicentral region of the 1983 Japan Sea earthquake and the locality of dive 138. Solid diamonds represent sampling sites of turbidites at sea-bottom by R/V "Hakureimaru".

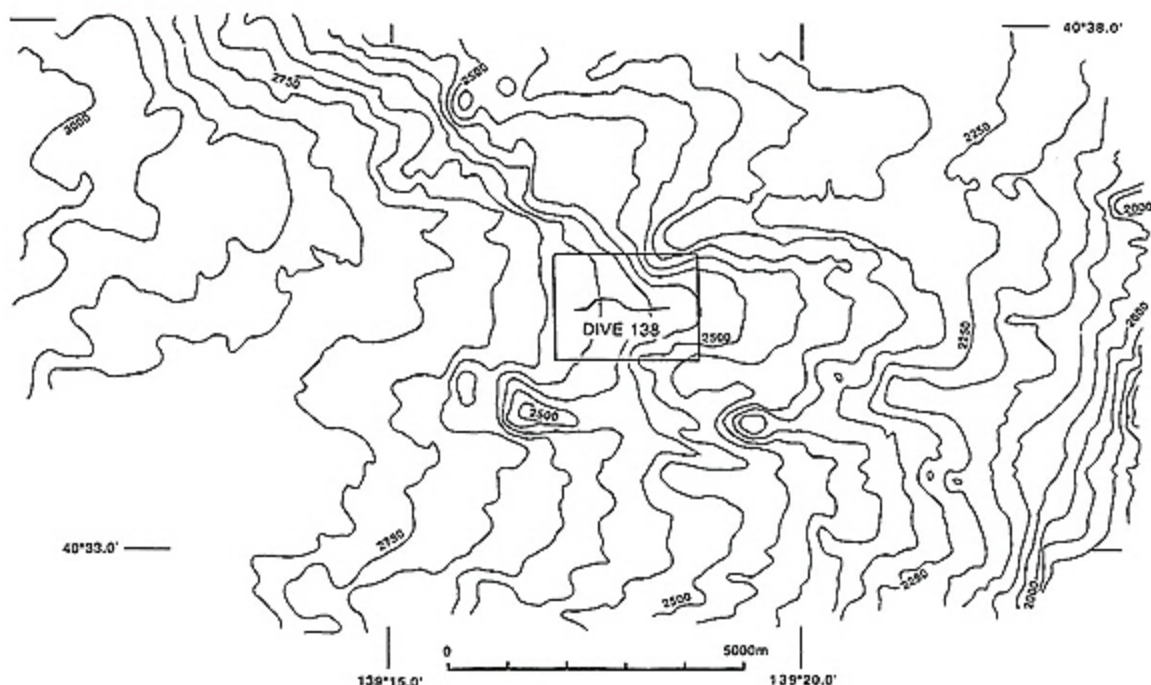


図2 「よこすか」のマルチナロービーム測量による久六島西方海底斜面の地形図（コンターは50m）。中央の枠内は図4の範囲を示す。

Fig. 2 Detailed bathymetric contour map of the slope west of Kyuroku Island, prepared by the multi narrow beam survey of "Yokosuka". Contours are every 50m. A box in map represents the area of fig. 4.

底を東にのぼって行われた。潜航の航跡と試料採取点を図3に、潜航の概要を表1に、試料採取点の情報を表2に示す。着底点は、サイドスキャンソナーでウェーブ状の微地形が認められ、採泥により軽石質砂と火山岩礫が採取された図1の730地点にほぼ一致する。着底点St.1の底質は砂で、表面にわずかに泥を被っているものの砂粒が海底面に認められ、砂がほとんど海底面に露出している様子が観察された（写真1,2）。海底面には針状の付着生物が観察され、所々に礫が点在していた。着底点で底質のコア採取を試みたが、砂が粗くてコアが刺さらず、持参したカップ状の容器で底質をすくいにとって砂を採取した（写真2）。着底点から離底点まで海底の状況には大きな変化は見られず、薄く泥を被った砂が観察測線を通じて海底面に認められ、礫が所々に認められた。海底はほぼ平坦で、全体としてはなだらかな斜面になっており、大きな起伏は認められなかった。海底面には極く微妙なうねりのような起伏はあるように思

われたが、これがサイドスキャンソナーに認められたウェーブ状の地形に相当するのかどうかは確認できなかった。礫の分布頻度は、場所により少し異なり、ほとんど見られないところもあれば、ときに数個の礫がかたまって分布しているところもあった（写真3）。礫は、St.2で黒色火山岩及び白色火山岩が、St.3では半固結シルトの礫がそれぞれ採取されたが、海底では他に、最大径1mに達する火山岩と見られる礫や、火山礫凝灰岩と見られる礫（写真3）などが観察された。礫の西側（谷の下流方向）にはしばしば水流により堆積物が削剥されてできたと考えられるくぼみ（オブスタクルスコア）が認められ（写真1, 4, 5）、谷の上流側（東側）に礫が傾く礫のインブリケーションが観察されることもあった（写真5）。約3時間にわたる海底観察の後、St.4において再び表層の砂を採取し、離底した。

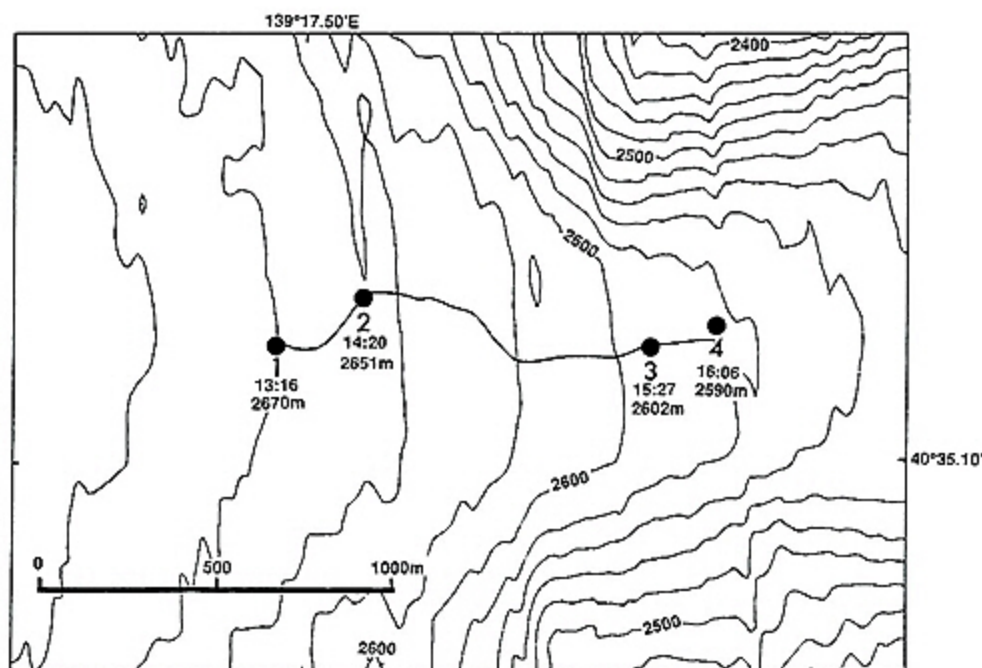


図3 潜航調査の航跡と試料採取点

Fig.3 Track line and the sampling sites of the dive.

表1 潜航調査の概要

Table 1 Outline of Dive 138.

潜航番号	138
潜航日時	1992年8月10日
潜航海域	日本海久六島西方斜面
着底点	40°35.283'N, 139°17.436'E (2670m, 13:16)
解底点	40°35.316'N, 139°18.351'E (2590m, 16:07)
観察者	中嶋 健
乗員	旧代省三船長・赤沢寛文潜航士
最大潜航水深	2670m
海底移動距離	約1500m
水温(観察中)	0.21~0.23°C
底層流	なし

4 採取試料

採取した礫と底質について簡単な記載を行い、底質について行った粒度分析結果と砂粒組成の検討結果について述べる。

4.1 礫

St. 2 から採取された礫は、斜長石斑晶が認められる径約20cmの黒色火山岩垂角礫と流理の見られる径約5cmの白色流紋岩質岩石の角礫である(写真6)。St. 3 から採取された礫は径15cmの暗灰色半固結シルトの円礫である(写真7)。このシルト礫試料には有孔虫を含む暗色部と明るい色の部分が認められる。この試料の珪藻化石の

表2 試料採取点の位置、水深およびサンプル

Table 2 Localities, depths and samples of sampling sites.

St.	緯度	経度	水深 (m)	サンプル
1	40°35.283'N	139°17.436'E	2670m	砂
2	40°35.356'N	139°17.621'E	2651m	火山岩礫2個
3	40°35.283'N	139°18.202'E	2602m	半固結シルト礫1個
4	40°35.316'N	139°18.351'E	2590m	砂

予察的検討の結果、このシルトは更新世の堆積物と考えられる（渡辺真人氏私信）。

4.2 底質

4.2.1 肉眼記載

St. 1 から得られた底質はパミスを主体とし、火山岩片を含む粗粒砂である（写真8）。St. 4 の底質は大部分がパミスからなる淘汰の悪い極粗粒砂で（写真9）、パミスの最大のものは径5 cm に及ぶ円礫である。St. 1、St. 4 とともに、パミスは発泡がよく、よく円磨されたものが多い。パミスは無色鉱物のほか黒雲母及び角閃石を含んでいる。

4.2.2 粒度分析結果

粒度分析は $-4\phi \sim 4.5\phi$ の 0.25ϕ ごとの篩い分け法で行った。St. 1、St. 4 とともに 4.5ϕ 以上の粒径が95%以上を占めたため、篩い分け法による結果からFolk and Ward (1957) の式に基づき平均粒径及び分級度を求めた。1 ϕ 毎に集計した粒度分布と平均粒径及び分級度の値を図4に示す。St. 1 は分級度の悪い粗粒砂、St. 4 は分級度の非常に悪い極粗粒砂である。St. 1、St. 4 とともに極粗粒砂の粒径にモードをもつ。

4.2.3 砂粒組成

St. 1、St. 4 とともに極粗粒砂以上の粒径のものはほぼ100%がパミスからなり、細粒砂の粒径付近では鉱物粒子が多くなる傾向がある。そこで、両者が混在する $0.75\phi \sim 1\phi$ の粒径のものを全体を代表するものとして実体鏡下で200個カウントすることにより砂粒組成の分析を行った。その結果を表3に示す。パミスはSt. 1 で75%、St. 4 で90%余りを占め、このほかに、黒～褐色の火山岩片、無色鉱物、角閃石および黒雲母が両者ともに0.5～10%程度含まれる。

5 考察

5.1 堆積物の堆積過程

調査の結果、潜航を行った谷のなかにはパミスを主体とした粗い砂と種々の礫がほぼ海底面上に分布していることが明らかになった。この谷のすぐ北側のリッジの上では泥質堆積物が採取されていること（岡村ほか、1990）から、この粗粒堆積物は谷のなかに限定して分布していると考えられる。堆積物を主として構成しているパミスは火山岩の巨～大礫とシルトの礫をとまなっていること

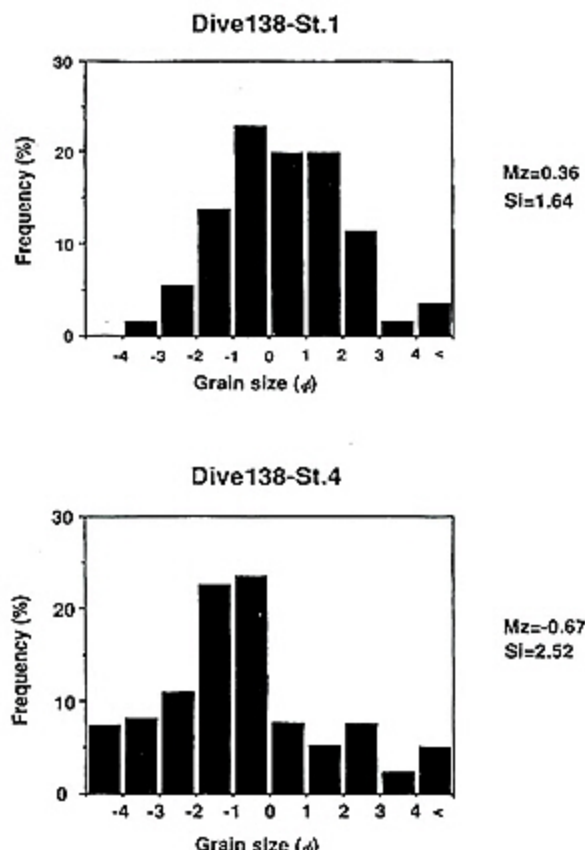


図4 図3のSt. 1及びSt. 4で採取された底質試料の粒度分布。Mz: 平均粒径, Si: 分級度

Fig. 4 Grain size distribution of surface sediments collected at St.1 and St. 4 in fig. 3.

表3 St. 1及びSt. 4の底質試料の砂粒組成
Table 3 Composition of sand grains of surface sediment collected at St.1 and St.4.

	St.1	St.4
Pumice	150	181
Volcanic lithic	18	11
Felsic minerals	19	5
Amphibole	10	2
Biotite	1	1
Pyroxene	1	0
Others	1	0
Total	200	200

から、浮遊していたものが沈降して堆積したものではなく、谷のなかに流れた強い流れにより運ばれ堆積したと考えられる。堆積物の柱状試料の採取が不可能だったため、潜航点での堆積物の内部堆積構造は明らかでないが、図1に示すようにこの堆積物は谷に沿った斜面上部から海盆底にまで約70kmにわたって分布していること、及び海底で観察されたオブスタクルスコアや礫のインブリケーションはすべて谷の下流方向（西向き）の一方向流を示していることから、この堆積物を運搬した流れは、流れの方向の定まらない底層流や、谷の中に限定され上流及び下流の2方向に流れることが多いキャニオンカレント（Stow, 1986）ではなく堆積物重力流であるタービディティーカレントであったと考えられる。

5.2 堆積物の供給源・供給過程

潜航で確認された粗粒堆積物は谷の上流にあたる斜面域から谷のなかを運ばれてきたタービダイトであり、その分布の上限は図1の732地点まで追える。この地点は水深1,166m（中嶋ほか, 1993）で、久六島北西方の斜面上部に当たる。したがってこのタービダイトはこの地点より浅いところから供給されたと考えられる。久六島はそれ自体が海嶺上に位置し、まわりから孤立した山体を形成しているので、久六島西側斜面上部への陸上からの堆積物の供給は考えられず、久六島周辺の急崖がその供給源としてもっとも可能性が高い。この急崖には、凝灰岩や玄武岩質～流紋岩質の火山岩及び堆積岩とともにパミスや火山岩礫が分布していることが確認されているが、今回の潜航点の堆積物はパミスの砂礫、種々の火山岩礫、火山礫凝灰岩と思われる礫などからなっており、斜面上部の急崖からもたらされたと考えると組成上矛盾しない。新しい年代を示す半固結シルトの礫は、途中の斜面に分布していた泥質堆積物がタービディティーカレントにより、侵食されて運ばれてきたと考えることができる。斜面上部の急崖から多量のパミスや火山岩礫を供給する供給過程としては、パミスや火山岩の分布する斜面で地滑りが起こりそこに分布していた多量の粗粒堆積物がタービディティーカレントとなって流れた可能性が高い。このような規模の大きい海底での地滑りはこの付近で発生した大地震のときに発生する可能性が最も

高いと考えられる。

図1に示したように、このタービダイトは海盆底に至るまでほぼ海底面上に分布していると考えられるが、今回の潜航調査でこのタービダイトが部分的に泥を被るだけで実際に海底面に露出していることが確認された。このことからこのタービダイトは極く最近に堆積したものであることは確実と考えられる。したがって、このタービダイトはもっとも最近発生した1983年日本海中部地震時に堆積した可能性が高いと考えられる。

6 おわりに

今回の潜航で、久六島西方の海底斜面の海底面にタービダイトを確認することができた。今回の結果から、このタービダイトは1983年日本海中部地震時に久六島付近の斜面上部が崩れて堆積したと考察された。今後、供給源と見られる久六島付近の海底斜面上部の急崖で潜航調査を行い、構成物の観察及び試料採取を行ってこの事を確かめたい。

謝 辞

潜航調査ならびに事前の地形調査にあたっては、坂倉勝海司令をはじめとする「しんかい6500」運航チームの方々及び「よこすか」乗組員の方々に大変お世話になった。また船上では海洋科学技術センターの堀田宏部長及び藤倉克則氏から多大のご協力を頂いた。地質調査所燃料資源部の渡辺真人氏には採取試料の珪藻化石を見ていただいた。地質調査所海洋地質部の岡村行信博士には原稿を読んでいただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- Fork, R. L. and W. Ward (1957): Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27, 3-26.
- 海上保安部水路部 (1992): 5 万分の 1 沿岸の海の基本図「久六島」海底地形地質調査報告, 1-40.
- 小林洋二 (1983): プレート「沈み込み」の始まり. *月刊地球*, 5(9), 510-514.
- 村上文敏・岡村行信 (1993): 久六島西方斜面で

- のサイドスキャンソナー調査。「日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究」平成四年度研究概要報告書，地質調査所，109-120.
- 中嶋 健・片山 肇・池原 研（1990）：日本海東縁海域から得られた表層堆積物柱状試料。「日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究」平成元年度研究概要報告書，地質調査所，93-110.
- 中嶋 健・岡村行信・吉川清志・池原 研・片山 肇（1991）：日本海盆で得られた1983年日本海中部地震及び過去の地震をトリガーとするタービダイト，地震学会1991年春季大会講演予稿集，p.75.
- 中嶋 健・片山 肇（1992）：日本海盆東縁表層のタービダイト，しんかいシンポジウム報告書，8，55-62
- 中嶋 健・岡村行信・片山 肇・池原 研・佐藤 幹夫・吉川清志（1992）：大規模斜面崩壊に由来するタービダイトシステムー最上トラフ北部～日本海盆東南縁の例ー，日本地質学会第99年学術大会講演要旨集，p.387.
- 中嶋 健・片山 肇・池原 研（1993）：GH92航海の堆積物。「日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究」平成四年度研究概要報告書，地質調査所，142-170.
- 中村一明（1983）：日本海東縁新生海溝の可能性，地震研究所彙報，58,711-722.
- Normark, W. R. and D. J. W. Piper（1991）：Initiation processes and flow evolution of turbidity currents: implications for the depositional record. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 46, 207-230.
- 岡村行信・中嶋 健・片山 肇・土谷信之・池原 研・山本博文（1990）：ドレッジおよびロックコアラーで得られた岩石試料。「日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究」平成元年度研究概要報告書，地質調査所，52-77.
- Stow, D. A. V.（1986）：“Deep clastic seas” p399-444. In: Sedimentary environments and facies 2nd. ed, Edited by H. G. Reading, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 615pp.
- 田中武男・門馬大和・松本 剛・堀田 宏（1987）：日本海中部地震震源域における変動微細地形について。「しんかい2000」研究シンポジウム報告書，3，233-249.

（原稿受理：1993年8月2日）

（注）写真は次ページ以降に掲載



写真1 着底点 (St.1) の海底。部分的に泥を被るだけで砂が海底面に露出している。中央は火山岩の礫 (径約30cm)。礫の右側にはオブスタクルスコアが認められる。写真左隅は「しんかい6500」のバラスト (錘)

Photo 1 Sea-bottom at St. 1. Sand can be observed at sea-bottom with partial thin mud cover. A gravel of volcanic rock of about 30cm with obstacle scour at its right side can be observed. The weight of "Shinkai 6500" is at the left end of the photo.



写真3 火山礫凝灰岩? の礫 (写真中央下)。この地点では数個の礫がかたまって観察される。

Photo 3 Gravels of lapilli tuff? in bellow center of the photograph. Several gravels can be observed together at this point.



写真2 着底点での試料採取風景。海底面には砂粒が泥の間から見える。針状の付着生物が観察される。

Photo 2 Sampling at St.1. Sand grains are outcropped among thin mud cover. Needle-like worms are observed at sea-bottom.



写真4 礫 (径約50cm) のまわりに発達するオブスタクルスコア。写真手前が谷の下流 (西)

Photo 4 Obstacle scour around gravel of about 50cm. This side is the down side (west) of the canyon.

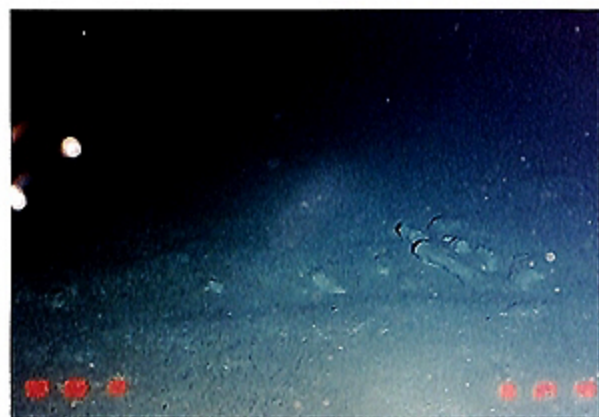


写真5 礫のインブリケーションとオブスタクルスコア。写真左側が谷の下流（西）

Photo 5 Imbrication of gravels and obstacle scour behind the gravels. The left side is the down side (west) of the canyon.



写真7 St. 3 から採取されたシルトの礫。採取後壊れた。

Photo 7 A gravel of silt. This sample was broken after sampling.



写真6 St. 2 から採取された黒色火山岩礫と白色流紋岩質岩石の礫

Photo 6 A gravel of black volcanic rock and a gravel of white rhyolitic rock collected at St. 2.



写真8 St. 1 から採取された底質（パミス質の砂）

Photo 8 Bottom sediments (pumiceous sand) collected at St. 1.



写真9 St.4から採取された底質（パミス質の砂礫）
 Photo 9 Bottom sediments (pumiceous gravelly sand) collected at St. 4.