

パラオ海溝陸側斜面の巨大石灰岩岩帯の 発見とその成因

藤岡換太郎*¹ 北里 洋*²

パラオ海溝南部の陸側斜面から巨大な石灰岩の岩帯が見つかった。この石灰岩は珊瑚礁起源であり、かつては浅海にあったが現在は水深6,400mのところに存在している。石灰岩の表面にはスリッケンサイドのような跡や崩壊し土石流を発生した跡が見られた。石灰岩に含まれる底生有孔虫には、太平洋に普通に見られる深海種と再堆積した古い浮遊性有孔虫の2種類が認められる。このような石灰岩の岩帯は北海道南部千島海溝の襟裳海山や東北日本沖日本海溝の第一鹿島海山と同様、遠方から運ばれてきた可能性がある。石灰岩の成因としては、1) カロリンプレートに乗った海山の頂部にあった石灰岩がプレートの沈み込みに際して海溝陸側に付加した、2) パラオ海溝陸側斜面に古くからあった珊瑚礁が巨大崩壊を起こし現在の水深にまで運ばれた、3) パラオ海溝陸側斜面がテクトニックエロージョンによって削られ古い石灰岩が現在の位置にまできた、の3つの可能性が考えられる。

キーワード：海溝陸側斜面、石灰岩、浅海珊瑚礁、斜面崩壊、土石流堆積物、付加

Finding and Genesis of Large Limestone Body at the Landward Slope of the Palau Trench

Kantaro FUJIOKA*³ Hiroshi KITAZATO*⁴

A large limestone body was found at the landward slope of the southern Palau Trench. This limestone body was originally shallow marine coral reef and its present position is 6,400m deep sea. On the surface of the limestone, slickenside, and collapse structure to have debris flow deposits and two kinds of foraminifers were frequently observed. Two kinds of foraminifers were found from this limestone body. One is deep marine benthic forams common to the Pacific Ocean and another is reworked old forams which may be transported from this limestone body. This kind limestone is similar with those of the Erimo and Daiichi-Kashima SMT which were transported far from equatorial region by plate movement. The possible origin of this limestone is three folds; 1) coral reef on the summit of seamount on the Caroline Plate moved toward the subduction zone and accreted into the landward slope, 2) huge slope failure collapsed down with this lime-

* 1 海洋科学技術センター 深海研究部

* 2 静岡大学理学部地球科学教室

* 3 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

* 4 Institute of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University

stone from the shallower part of the Palau Trench landward slope, and 3) tectonic erosion proceeded at the landward slope.

Key words: Trench landward slope, Limestone, Shallow marine coral reef, Slope failure, Debris flow deposit, Accretion

1. はじめに

パラオ海溝はフィリピン海プレートの東を縁どる伊豆・小笠原、マリアナ、ヤップなどの海溝の南の延長にあたる。パラオ海溝のさらに南方の延長はアユトラフとなつてフィリピン海プレート最南端部を形成している。一方陸上のパラオ島はフィリピン海の真中に、九州から続く大構造である九州-パラオ海嶺（古島弧）の南端にあたる古い火山と珊瑚礁の島である。フィリピン海プレートの南端部のテクトニクスについては、多くの研究者によって注目され議論されてきたがいまだに定説は出ていない（例えば Weissel and Anderson, 1978; Cardwell, et al., 1983）。パラオ海溝周辺では従来パラオ島の第三紀火山岩の岩石学的研究や古地磁気学的研究がなされてきていた（Johnson and Nakamura, 1985; Haston et al., 1988）。また海溝域については音波探査による地下構造の決定やピストンコアラーによる炭酸塩タービダイトの研究や海溝地形の調査などが行われてきている（Yamamoto et al., 1986）。潜航調査は今までに一度も行われていなかった。

パラオ海溝はヤップ海溝と同様に短い海溝でありながら陸上に露出する岩石は両者で大変異なる。そしてこの両島弧とも他の一般的な島弧、すなわち活火山と深発地震面を持つ、とは大いに異なる。もしパラオ海溝の南につながるアユトラフが現在海底拡大しているか、もしくは近い過去に拡大していたとすれば、アユトラフに由来する物質がパラオ海溝南部の陸側斜面に付加している可能性がある。拡大したプレートがすぐ沈み込み帯に持ち込まれるという極めて特殊なテクトニックセッティングになり、このような状況にあった例としては東太平洋海膨とペルー海溝、拡大停止後の四国海盆と南海トラフ、南支那海とマニラ海溝などがある。このようなテクトニックセッティングを考慮しパラオ海溝の付加体の構造を研究するため陸側斜面に潜航した。その結果陸側斜面の水深6,400mを超える深さから巨大な石灰岩の岩帯が発見された。この石灰岩の岩帯の起源について考察を加えここに報告する。図1はパラオ海溝周辺の地形を示した。

2. パラオ海溝の地形

パラオ海溝の地形については米国海軍の作った海底地形図や海上保安庁水路部作成のJEBCOの原図が出されていたが、測深の位置や水深の誤差が大きすぎて地形の大枠の理解にしか役立たない。パラオ海溝北部特にヤップ海溝との会合点の海底地形は海上保安庁水路部のシービームによる調査が行われた（岩渕ほか, 1990）。海溝軸の北部、パラオ群島最大の島バベルダオブ島の東沖には、パラオ海溝最深の水深7,000mを超えるTear Drop状の幅の広い堆積盆が存在することがわかった（加藤ほか, 1986）。海溝軸は北ではほぼ南北の配列をしているが南に行くにつれて東西成分を加え、全体として逆くの字型に北緯8°から6°までおよそ220kmつながる。ヤップからパラオにかけての地形についてはFujioka et al. (1986) が島弧-海溝系をいくつかのセグメントに区分しその特徴について議論している。

潜航の事前調査のため「よこすか」のマルチナロービームによる地形の調査を行い、東京大学海洋研究所で行われているシービームの測線と組み合わせて地形図を作成した（Kobayashi et al., 1992）。KH92-1航海ではパラオ海溝の南の端からアユトラフにかけてのシービームによる地形、地磁気、重力、及び音波探査などの調査と地殻熱流量の観測が行われた。1993年「よこすか」により潜航の事前の地形調査を行った。測線はパラオ海溝の南の端でアユトラフとの交点に当たる部分で、東西に8マイル間隔で4本の長さ40マイルほどの測線を引いた。海上保安庁水路部のコンパイル地形図によればパラオ海溝は南西につながり、東にはアユトラフの地形が貫入するように見える。海溝底は水深6,750mの平坦面であるが小さな円形の地形でこれが杉型の雁行配列をする。海溝の陸側斜面は急崖をなしその走行は北東-南西方向である。パラオ海溝の南の連続部では水深の深い部分が雁行状に配列しており、杉型の左横ずれすなわちアユトラフが東北の方向にプロバゲイトしながら沈み込んでいるとすればこのような地形が出来ることになる。

一方海側斜面では階段状の正断層が見られるが東北日本や伊豆・小笠原に見られるような地壘・地溝構造は顕著ではない（堀田ほか, 1992; 小川ほか, 本書）。これ

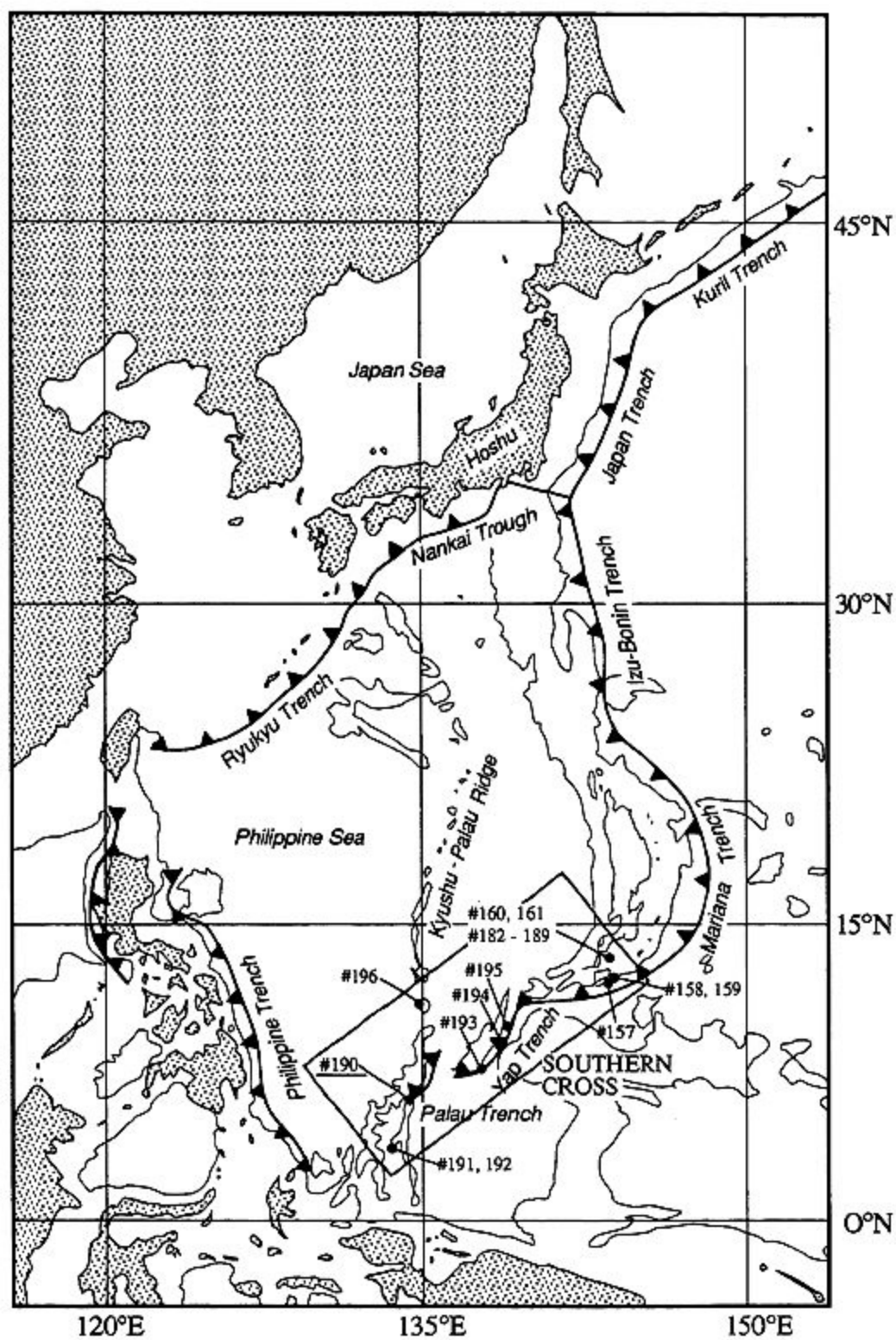


図 1 パラオ海溝周辺の地形図

Fig. 1 Topographic map around the Palau Trench.

はカロリンプレートがパラオ海溝に沿って沈み込んでいるが、アユトラフの北へのプロパゲーションのために横ずれを呈しているためかも知れない。

「しんかい6500」の潜航によって微地形を観察した。着底点は水深6,468mのパラオ海溝陸側斜面の途中の地点で、底質は礫がちの泥であった。斜面崩壊の起こっている場所ではその傾斜は90°あるいは場所によってはオーバーハングしている。斜面崩壊の裾に行くにつれて傾斜は緩くなるが、それでも45°ほどある。石灰岩の作る地形は削られた谷と尾根で、尾根は石灰岩の溶解によって丸いリッジ状の地形を呈する。それに対して谷は条痕の発達したすり鉢状の地形を呈している（写真1）。水深の浅い部分では堆積物の被覆のため傾斜は緩くなるが、生物の作る小さな火山のような地形が数多く発達している。堆積物の表面は波打って至る所に円錐形の砂山が見られた。高さは大きいもので30cm程度である。これは生物の巣穴であろう。

3. パラオ海溝の地質

パラオ海溝の地質に関する研究は少ない。東京大学海洋研究所の白鳳丸によるKH84-1, KH87-3, KH92-1の航海で地形や地質、地球物理の研究が行われた。KH92-1航海ではパラオ海溝の南の端からアユトラフにかけてのシービームによる地形、地磁気、重力などの調査が行われた。マルチチャンネル音波探査の測線がパラオ北部（Palau-1）と南部（Palau-2）とで行われている。Tokuyama et al. (1985)によれば南の測線では水深4,500m以浅に小さな付加体の発達が見られる。南の測線をよく見ると水深6,000mから4,500mまでは成層したケイオティックな堆積物が膨らんだ形をしている。この測線の解釈を図2に示す。また北の測線では付加体はなく炭酸塩のタービダイトがピストンコアによって得られている（Yamamoto et al., 1986）。これは陸側斜面の浅所から運ばれた土石流堆積物である可能性がある。水深6,000m以深では内部構造がはっきりしないため堆積物は強い変形を受けている可能性がある。日本海溝の三陸沖のメガシアーのようなものかもしれないし、あるいは付加体の一部かも知れない（藤岡・村山, 1992）。

パラオの陸上の地質は古く南洋庁が置かれていたころ、田山（1937）や江口（1935）によって主として島の地形や珊瑚礁に関する先駆的な研究がなされた。戦後米国のMason（1956）が軍関係の地質を発表しているがこの報告はほとんど入手できない。そういう意味では

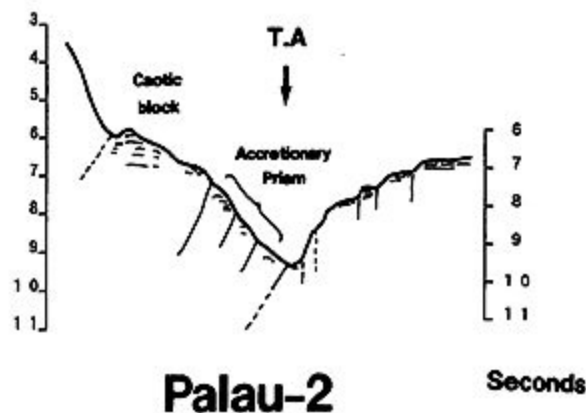


図2 パラオ-2の解釈

Fig.2 Interpretation of seismic profile, Palau-2 by Tokuyama et al. (1989).

パラオ島の地質調査はもう一度きちんとやるべきである。火山岩に関してはJohnson and Nakamura (1985)が陸上の火山岩の分析を行っており、火山岩はEoceneからEarly OligoceneのLow-K Tholeiiteで岩石は玄武岩ないし安山岩であるとしている。パレオマグネに関してはHaston et al. (1988)の研究がありパラオ島はLower Miocene以来60°-70°回転し、それは地域的なものではなくフィリピン海全体が回転したとしている。今回の調査では、潜航の前に陸上の火山岩を観察採集したがその年代や化学組成については現在検討中である。

4. 潜航結果

潜航結果について述べる。図3は潜航のルートマップである。「しんかい6500」の着定点は海溝陸側斜面の中の急斜面の途中で、底質は礫混じりの泥であった。水深6,468mから石灰岩の巨大な露頭が見られた。石灰岩は堆積物の被覆は薄く全面露頭で内部構造もよく見られた。リッジ状に飛び出たところと小さな谷を形成しているところとあった（写真1）。谷は斜面崩壊によってえぐられその表面には土石が削ったと思われる条痕が至る所に見られた。崩壊を起こした所はすり鉢状の地形を呈している。垂直な崖にはやはり削られた跡が生々しく土石はさらに浅所からやってきたと思われる。石灰岩の間には30~50cmの黒い泥の層が挟まれており、石灰岩の発達の悪かった時期のあることがわかる（写真2, 7, 8）。石灰岩の表面は溶けて丸みを帯び、また削られて幾筋もの条痕が見られた。この巨大なブロックの模式的なスケッチを図4に示した。巨大な崩壊ブロックより浅い

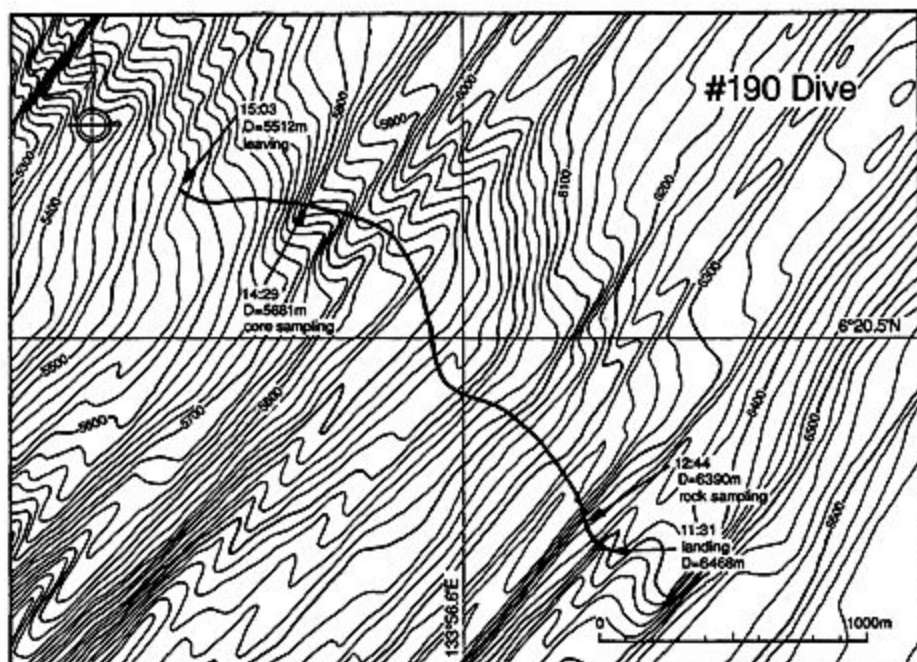


図 3 潜航ルート
Fig. 3 Route of dive.

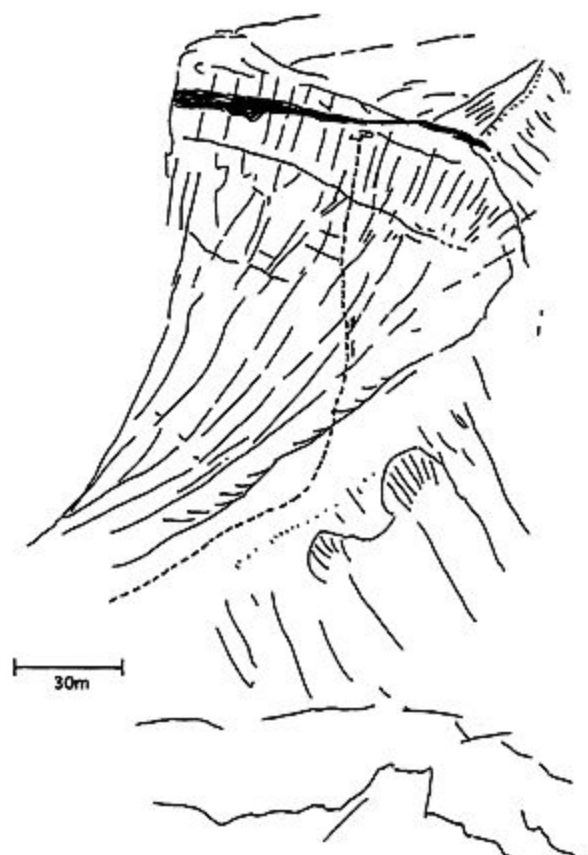


図 4 石灰岩の岩帯のスケッチ
Fig. 4 Sketch of limestone block.

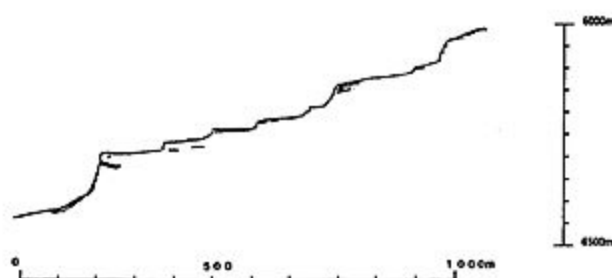


図 5 石灰岩岩帯の断面図
Fig. 5 Cross section of the limestone block.

所では、水深5,000mまでに約1mほどの石灰岩の露出するステップがなんだんも見られた(写真3, 4)。水深の浅い方向に石灰岩の露頭は減少し堆積物の被覆が厚くなるが破片は見られた。6,000m以浅では石灰岩の露頭は全く見られなかった。6,000m以浅では堆積物の被覆のため石灰岩の露頭は見られず代わって生物の生痕が見られる。10—30cmのマウンドや糞のほかにナマコ、ゴカイ、イソギンチャクなどが単体として至る所に見られた。水深5,500mより深い海底での生物の数は一般の海洋底に比べて多く、生物を養う栄養が豊富な条件がそろっていると考えられる。

潜航の結果見られた模式断面を図5に示した。

5. 石灰岩の記載

着定点から水深6,000m位までは石灰岩の巨大な露頭からなる。石灰岩は成層する部分が観察され、間に泥質の堆積物を挟む。水深が極めて大きいので全体に溶解して丸くなっている。石灰岩は斜面崩壊し土石流堆積物を下流に供給している。土石によって削られ多数の条痕が見られ、その部分は谷地形を呈しすり鉢状の地形になっている。一方、残った部分は尾根を形成している。成層部は赤茶色の堆積物と黒い堆積物からなり厚さは50cmほどである。堆積物と石灰岩の接触面は不規則であり侵食面を埋積したものと思われる。周辺で得られた柱状試料は石灰岩の破片を含む遠洋性の堆積物で炭酸塩の殻を持つ微化石は含まれていなかった。石灰岩がCCD以下のこのような深さ(6,000—6,468m)に存在するためにはいくつかの可能性が考えられる。

石灰岩の試料が多数得られた(写真5, 6, 9—14)。これらはいずれも軟らかく水深の大きい海底に長い間存在したため溶解したものと考えられる。石灰岩の試料をカットしてその表面を見ると浅い海に生息していた生物の破片が沢山含まれていることがわかった(写真6, 14)。それらは予察的な検討結果ではN8位、中期中新世下部と考えられている(森、私信)。

水深6,000m以浅では堆積物の被覆のため石灰岩の露頭は見られなかった。石灰岩と泥ないし泥岩との境界は断層である可能性があるが潜航中の観察では確認できなかった。

潜航に際して採集されたコア及び岩石の有孔虫を検討した。コア試料は250meshで水洗したのち乾燥させた。また岩石試料は、ナフサで泥化処理を行った後、250meshで水洗した。これらに含まれる有孔虫を鑑定した。結果は表1に示されている。

10試料から、26属32種の底生有孔虫を同定した。コア試料から産出するほとんどの有孔虫は太平洋の深海に生息する種類である。一方、岩石試料(石灰岩)からはAmphistegina, Heterostegina, Opeculinaという藻類共生型の大型有孔虫の化石が産出する。なお、R-002と-004(写真7, 8, 12—14)には深海種も共生するがこれは石灰岩が土石流となって流れ下ったときの混合物である。また表2に水深の変化にともなう地形・地質の変化を示した。

6. 考 察

井190潜航の途中で発見された石灰岩の岩帯は巨大であり、このような大きな岩帯が海溝の陸側斜面から発見

されたのは、「しんかい6500」による井145、井146潜航で小笠原海台で発見されたものに次ぐ(沖野・徳山、本書)。従来、日仏海溝計画で第一鹿島海山や襟裳海山で潜り込む石灰岩が潜水調査船ノチールによって発見されている(Pautot, Nakamura et al., 1987; Cadet, Kobayashi et al., 1987)。このような石灰岩帯はしかし陸側には巨大な岩帯として現れてはいない。第一鹿島海山の場合は、陸側は著しく変形破砕した30cmから1m程度のブロックが散在するのが確認されているがこの成因については議論が別れる。すなわち、陸側付加したのではなく海側から滑ってきたとするのとin situに付加したとする2つである(Cadet, Kobayashi et al., 1987; Pautot, Nakamura et al., 1987)。

陸上の巨大な石灰岩帯例えば秋吉台や北上北帯の竜泉洞などはジュラ紀の付加体であるという解釈が卓越している(例えば太田, 1987; 箕浦, 1985)。しかし現在進行形で石灰岩帯が海溝軸の海側から陸側へと付加している現象が証明された例はない。Tokuyama et al. (1986)は奄美海台の音波探査の結果から海台が琉球海溝へと付加し前弧の部分がそのために著しい変形を被っているとしている。沖野ほか(本書)は小笠原海台では現在進行形の1つのケースと考えている。

パラオ海溝陸側斜面の石灰岩については現在詳しい研究を行っているところであり結論は出せない。しかし以下の3つの可能性がその成因として考えられる。すなわち、石灰岩の元あった場所については海溝の海側か陸側かのいずれかにしかなく、それらは

- 1) カロリンプレートに乗った海山の頂部付近にあった石灰岩がプレートの沈み込みに際して陸側付加した、
- 2) パラオ海溝陸側斜面に古くからあった珊瑚礁が巨大崩壊を起こし現在の水深にまで運ばれた、
- 3) パラオ海溝陸側斜面がテクトニックエロージョンによって削られ古い石灰岩が現在の位置にまできた、の3つの可能性である。

まず、1)であるためには石灰岩の年代がカロリンプレートの年代と同じかそれより少し若くなければならない。

2), 3)であるためには石灰岩帯の片割れがパラオのどこかに残っている必要がある。パラオの陸上地質については詳しいことがわかっていない。石灰岩の中に含まれる大型有孔虫については詳細な研究を待たねばならないが、予察的には中期中新世下部およそ15Maくらいだと考えられている。ヤップ島には14Maの石灰質砂岩が知られている(田山, 1936)。パラオでは田山(1937)

表 1 有孔虫の群集組成

Table 1 List of foraminifer assemblage of sediments collected during Dive 190.

Dive 190

species name	sample no.	C-001	C-002	C-003	R-001- others	R-002-1	R-002-2	R-003-1	R-003-2	R-003- others	R-004- others
Adercotrema sp.				*							
Ammomassilina alveoliniformis (Millett)				*							
Amphistegina radiata (Fichtel and Moll)			*		*		*				
Amphistegina sp.									*		*
Cassidulina pacifica (Cushman)											*
Cassidulina subglobosa (Brady)			*			*	*				
Cassidulina sp.		*									
Chilostomella ovoidea (Reuss)				*							
Cibicides sp.						*					*
Cibicidoides wuellerstorfi (Schwager)		*									*
Dentalina sp.											*
Ehrenbergina carinata (Eade)		*									
Estominella sp.				*							
Gavelinopsis praegeri (Heron-Allen and Earland)		*									
Glomospira gordialis (Jones and Parker)		*									
Heterostegina sp.					*						
Lagenammina sp.		*									
Lenticulina sp.						*					
Marsipella sp.			*	*							
Melonis sphaeroides (Voloshinova)		*	*	*							
Operculina ammonoides (Gronovius)			*								
Operculina sp.											*
Oridorsalis sp.											*
Osangularia culter (Parker and Jones)							*				
Paracibicides sp.			*								
Pullenia bulloides (d'Orbigny)											*
Recurvoides contortus (Earland)			*								
Reophax scorpiurus (Montfort)				*							
Reophax sp.				*							
Rhabdammina sp.		*	*								
Rutherfordioides virga (Nomura)				*							
Trochammina sp.		*		*							
Larger foraminifera gen., sp. indet.						*					
recrystallized foraminifera										*	

no foraminifera

C-001 lithic fragments rich

C-003 radiolaria rich

表 2 ビデオの記載
Table 2 Explanation of Dive 190 Video.

以下は一連のビデオの記載である。水深の大きい海底から浅い方へ向けての変化を追うことができる。

- (1) 11:34:16 CMR1&2, 6,468 m, 着底点付近。石灰岩の礫の混じった泥。生物や生痕が多い。泥の中に生息する魚（ギンポ）が慌てて出てきた。
- (2) 12:08:15—12:29:10 CMR1&2, 6,442—6,415 m, 垂直方向に 27 m の落差を持つ石灰岩の超巨大露頭。リッジ状の高まりとその両側に大小様々の斜面崩壊とそれに伴う土石流堆積物が見られる。石灰岩は泥に被われていてあたかも夏山の雪に泥が混じっているように見える。斜面崩壊は大規模で崩壊によって生じた土石流によって石灰岩の表面には無数の条痕が見られる。崩壊した後の断崖絶壁の頂上付近には 50 cm から 1 m 程度の厚さの黒い泥岩の挟みが見られ、下部は不規則に侵食面を埋めている。斜面崩壊の上部は傾斜がほとんど垂直になっている。
- (3) 12:34:09—13:25:40 CMR1&2, 6,400—6,086 m, 石灰岩の小さなステップが何段も認められる。ステップのうち大きいものでは落差 7 m, 小さいものでは 30—50 cm 程度であった。緩い斜面と急な斜面の組み合わせが幾つも見られた。この深さまでは石灰岩の露頭が明瞭（めいりょう）である。
- (4) 13:34:30—14:06:09 CMR1&2, 6,004—5,745 m, 石灰岩の礫を頻繁にもつ泥が海底の表面に見られた。石灰岩の礫は土石流堆積物から表面が洗いだされたり、小さな礫が流れによってはきだめられたりしている。
- (5) 14:06:09—15:04:00 CMR1&2, 5,745—5,490 m, 生物の巣穴、生痕、ラセン状の糞、直線の糞など生物活動が著しい。石灰岩は露頭も礫も全く見られない。

によってパラオ石灰岩が報告されているが年代は第四紀であり、古い石灰岩の岩帯がパラオにあったかどうかは不明であり今後の研究が必要である。

7. まとめと今後の課題

パラオ海溝陸側斜面に潜航し水深 6,442 m の深さから巨大な石灰岩の岩帯が発見された。石灰岩帯は比高 450 m にわたりその表面には条痕が幾筋も発達しさらに水深が大きい石灰岩は溶解し、穴があいて軟らかくなっていた。部分的に崩壊し急崖を形成しておりそのため発生した土石流堆積物が認められた。

このような巨大な石灰岩の岩帯が現在海溝の陸側斜面の深さ 6,400 m に存在することは説明を要する。現在のところ 3 つの可能性があげられているがこれを決めねばならない。また陸上の付加体には多くの石灰岩の岩帯が認められるが、現在進行形で石灰岩が付加しているものから地質時代に付加したものとの間を埋めねばならない。今回の石灰岩帯はこの間を埋める有用な材料を提供している。

謝 辞

潜航に関して 6K 運行チームの方々には潜水船のハンドリングのみならず海底で様々な議論や経験豊かな話をしていただいた。「よこすか」の船長はじめ乗組員の方々には事前調査や潜水船の着水、揚収のみならず様々な便宜を図っていただいた。深海研究部堀田宏部長には航海全般に関する便宜を図っていただき様々なご教示をいただいた。

静岡大学の小泉聡子、大鋸朋生、琉球大学の仲村明子、水産大学の堀井善弘氏には「よこすか」船上で研究に関する援助をしていただいた。横浜国大の青池寛氏及び高知大学の岡野肇氏には図面や原稿の作成のお手伝いをお願いした。東北大学森啓氏からは化石に関するご助言を賜った。これらの方々にお礼申し上げる。

参考文献

- Cadet, J.P., K. Kobayashi, S. Lallemand, L. Jolivet, J. Aubouin, J. Boulegue, J. Dubois, H. Hotta, T. Ishii, K. Konishi, N. Niitsuma and H. Shimamura (1987): Deep scientific dives in the Japan and Kuril Trenches. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 83, 313—328.
- 江口元起 (1935): 南洋パラオ島群の珊瑚及珊瑚礁. 東北帝大理地質古生物研究邦文報告, 16, 1—49.
- Fujioka, K., T. Furuta, H. Kitazato, K. Ikehara and Z. Fuyan (1985): "Preliminary study of piston cores from KH 84-1 cruise." p 34—60. In: Preliminary report of the Hakuho Maru cruise KH 84-1. Edited by K. Kobayashi.
- Fujioka, K., A. Takeuchi, G. Kimura, J. Ashi, S. Kuramoto, H. Matsuoka and M. Watanabe (1989): "Sediments and rocks around the Yap Trench." p 146—216. In: Preliminary report of the Hakuho Maru cruise KH 87-3. Edited by K. Kobayashi.
- Hamilton, W. (1979): Tectonics of the Indonesian region. *U.S. Geol. Surv., Prof. Pap.*, 1078, 270—288.

- Haston, R., M. Fuller and E. Schmidtke (1988) : Paleomagnetic results from Palau, west Caroline Islands : A constraint on Philippine Sea Plate motion, *Geology*, 16, 654-657.
- 堀田 宏・小林和男・小川勇二郎 (1992) : 日本海溝北部海溝斜面の地殻構造「しんかい6500」第65, 66, 67潜航報告, しんかいシンポジウム報告書, 8, 1-15.
- 岩渕 洋・吉岡真一・浅田 昭 (1990) : ヤップ海溝北端部の海底地形, 水路部研究報告, 26, 87-98.
- Johnson, K. and Y. Nakamura (1985) : "Island arc tholeiite series rocks from Palau : Major, trace and rare earth elements." p 298-305. In : Preliminary report of the Hakuho Maru cruise KH 84-1. Edited by K. Kobayashi.
- 加藤 茂・加藤 剛・浅田 昭 (1986) : パラオ海溝北部の詳細な海底地形, 水路部技報, 4, 8-16.
- Mason, A.C., G. Corwin, C.L. Rogers, O. Elmquist, A.J. Vessel and R.J. McCracken (1956) : Military geology of the Palau Islands, Caroline Islands. Intelligence Division, Office of Engineer Headquarters, U.S. Army Forces Far East and Eight U.S. Army (rear) with personnel of the U.S. Geological Survey, Washington D.C.
- 箕浦幸治 (1985) : 北上・阿武隈はどこからきたか, 科学, 55, 14-23.
- Pautot, G., K. Nakamura, P. Huchon, J. Angelier, J. Bourgois, K. Fujioka, T. Kanazawa, Y. Nakamura, Y. Ogawa, M. Seguret and A. Takeuchi, (1987) : Deep-sea submersible survey in the Suruga, Sagami and Japan Trench : preliminary results of the 1985 Kaiko cruise, Leg 2. *Earth Planet Sci. Lett.*, 83, 300-312.
- 田山利三郎 (1936) : 地学上から見たヤップ島, 科学, 6, 61-65.
- 田山利三郎 (1937) : パラオ島群の地形, 地質並びに珊瑚礁, 東北帝大理地質古生物研究邦文報告, 18, 1-67.
- Tokuyama, H., T. Asanuma, E. Mishiya, H. Hatori, H. Chiba, S. Ueno and N. Tomita (1985) : "Multichannel seismic reflection survey." p 282-291. In : Preliminary report of the Hakuho Maru cruise KH 84-1. Edited by K. Kobayashi.
- Tokuyama, H., Y.S. Kong, H. Kagami and N. Nasu (1985) : "Collision of the Amami Plateau with the Ryukyu Island Arc." p 853-873. In : Formation of active ocean margins. Edited by N. Nasu et al.
- Weissel, J. K. and R. Anderson (1978) : Is there Caroline Plate?, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 41, 143-158.
- Yamamoto, S., H. Tokuyama, K. Fujioka, A. Takeuchi and H. Ujiie (1988) : Carbonate turbidites deposited on the floor of Palau Trench. *Marine Geol.*, 82, 217-233.

(原稿受理: 1994年6月30日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

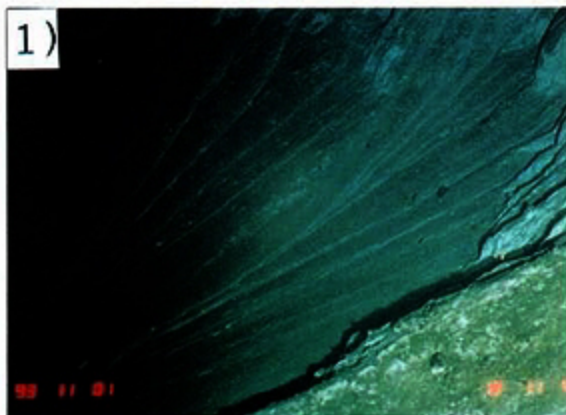


写真 1 石灰岩帯の表面の崩壊と条痕
Photo 1 Limestone block and slickenside.

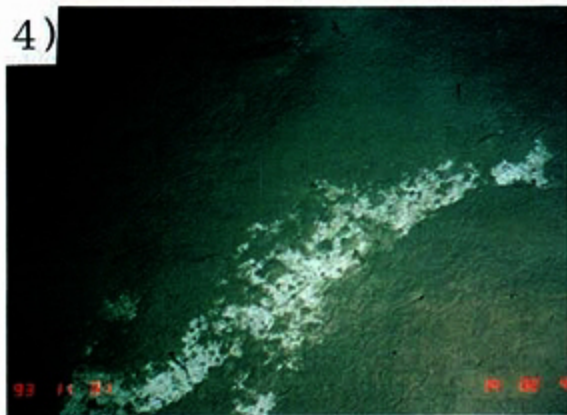


写真 4 泥に埋まった石灰岩のステップ
Photo 4 Limestone step covered with sediments.



写真 2 石灰岩の間に見られる黒い堆積物
Photo 2 Intralimestone sediments.



写真 5 石灰岩の試料
Photo 5 Surface of the limestone.



写真 3 30 cm のステップを形成する石灰岩
Photo 3 Limestone forming about 30 cm step.



写真 6 カットした表面
Photo 6 Reefal limestone cut surface with many organisms.

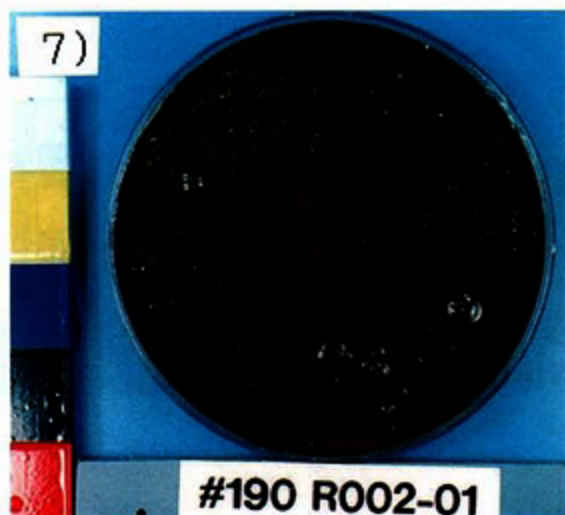


写真 7 石灰岩の間に挟まる堆積物
Photo 7 Intralimestone sediment sample.



写真 10 石灰岩の破片
Photo 10 Piece of limestone.

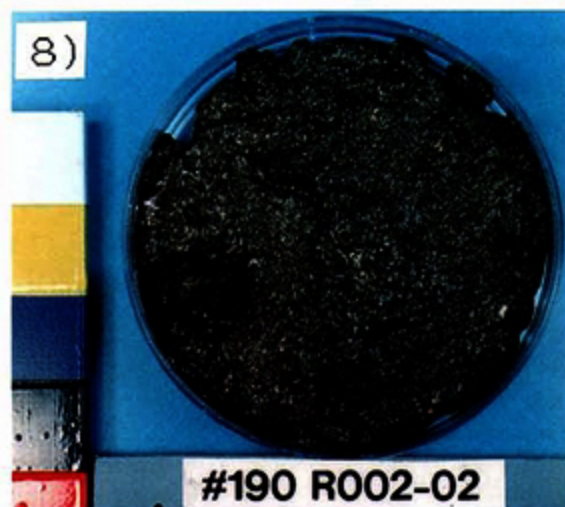


写真 8 間の堆積物中の礫
Photo 8 Granule within intralimestone sediments.

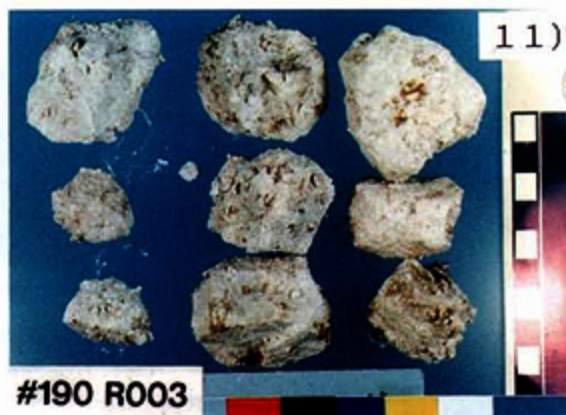


写真 11 石灰岩の破片
Photo 11 Piece of limestone.



写真 9 石灰岩の破片
Photo 9 Piece of limestone.

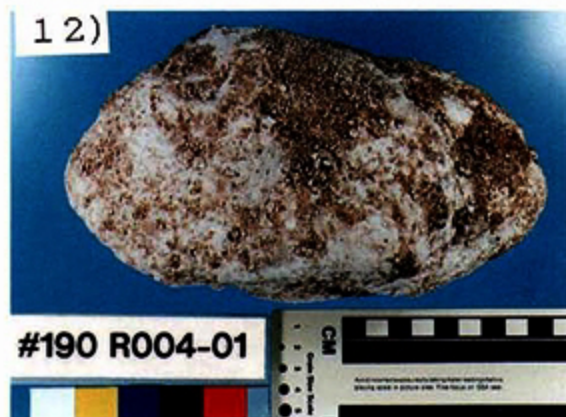


写真 12 石灰岩の丸い礫
Photo 12 Round pebble of limestone.

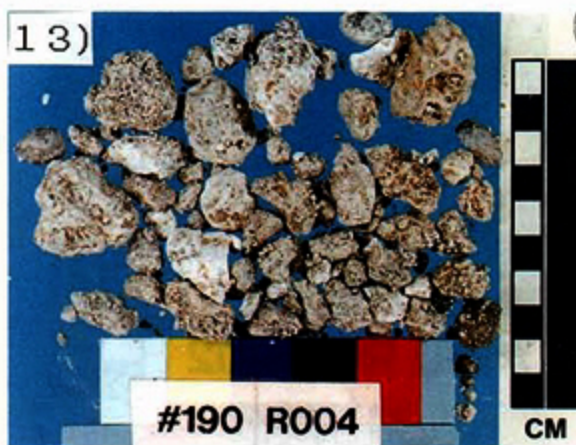


写真 13 石灰岩の破片
Photo 13 Piece of limestone.



写真 14 石灰岩のカット表面
Photo 14 Cut surface of limestone.



写真 15 石灰岩の表面に堆積した泥
Photo 15 Push core sample of surface mud covering limestone.