

日本海溝陸側斜面の世界最深の シロウリガイ群集とメガシアー

藤岡換太郎*¹ 村山雅史*²

宮古沖の日本海溝陸側斜面の水深6366mの地点から「しんかい6500」による#63潜航でシロウリガイを主とする深海生物群集が発見された。これは現在知られている深海生物群集としては世界最深のものである。生物群集は水深5900-6500mにわたって分布する南北性に急崖に添って棲息しており、急崖の断面方向では群集の密に生息するところと生物の全然いないところがある。急崖は全体に破碎がひどくこれ自身が一種のメガシアーゾーンを形成している。この急崖の破碎に伴って、斜面の崩壊、それに伴う土石流堆積物が分布しており粗粒の堆積物が深海生物群集と密接に関係している。これらのことから、沈み込み帯に分布する深海生物群集の生息条件として、1) 地下から水を運ぶための通路としての逆断層の存在、2) 水を逃がさないための堆積物の被覆、が考えられる。

Calyptogena community from landward slope of the Japan Trench and Mega shear

Kantaro FUJIOKA*³ Masafumi MURAYAMA*⁴

Deep sea clam communities were found from the landward slope of the Japan Trench at water depth of 6366m by utilizing JAMSTEC submersible "Shinkai 6500". These communities are the deepest ones ever known in the world. The calyptogena communities distribute from 5900m to 6500m along the north-south trending steep submarine cliff called "Sanriku Escarpment". Communities sporadically exist along the steep cliff, so that in some part dense clam communities were found but in other part there were no any sign of the living things. The steep cliff forms a kind of mega-shear zone which is the mechanical boundary of the plate. Debris flow deposits mask the surface of the deep sea floor by the shearing and deformation of the mudstones which were the major constituents of the steep cliff and the calyptogena communities have close relation with the debris flow deposits. These evidence may offer the critical conditions for the existence of the deep sea animal com-

* 1 東京大学海洋研究所
現在：海洋科学技術センター

* 2 東京大学海洋研究所

* 3 Ocean Research Institute, University of Tokyo
Present : Japan Marine Science and Technology Center

* 4 Ocean Research Institute, University of Tokyo

munity in the subduction zones. They are 1) reverse faults to carry deep water to the surface of the ocean floor, 2) sediments mask for preventing the escaping water rich in nutrients.

1. はじめに

沈み込み帯の陸側斜面からシロウリガイの群集が発見されたのはごく最近のことであり、沈み込み帯の地下から湧きだす水の循環が大きな問題となってきた。1984年から1985年にかけて行われたフランスと日本との共同研究、日仏海溝計画では南海トラフ、日本海溝、千島海溝の沈み込み帯の陸側斜面からシロウリガイの群集が発見された (Le Pichon et al., 1983; Pautot et al., 1983; Cadet et al., 1983)。シロウリガイの群集の地理的分布、群集の形成のメカニズムなど、特に群集の生息する Tectono-sedimentary な条件について Fujioka and Taira (1989) は一つのモデルを提案した。それによると群集の形成の必要条件として、1) 地下から水を運ぶ pathway としての逆断層の存在、2) 生物を養うにたる水を逃がさない堆積物の被覆、の2つの条件を指摘した。

岩手県宮古沖の日本海溝陸側斜面では1985年の日仏海溝計画でフランスの潜水船ノチールによる2回の潜航が行なわれている。また、日本海溝陸側斜面には第一鹿島海山近辺と宮古沖でシロウリガイを種とする深海生物群集が発見され、「鹿島群集」および「宮古群集」と呼ばれた (Fujioka and Taira, 1989)。宮古群集は水深5901-5960mまでの間に数10cm から数 cm 程度の規模の分散した群集があり、世界で最も深い群集とされていた (Cadet et al., 1989)。

日本海溝陸側斜面から海側斜面にかけての地域は IPOD 第56節および第57節の航海やそれに先行する予備調査の行なわれた場所である。予備調査は主として地質調査所の白嶺丸による総合調査であった (Honza et al., 1980)。深海掘削では陸側で6点、海側で1点の掘削が行なわれ日本海溝域の地史が白亜紀以降について明らかにされた (Von Huene et al., 1980)。また日仏海溝計画でもジャンシャルコーにより Seabeam survey が行なわれ (Cadet et al., 1989)、その後東京大学海洋研究所の「白鳳丸」によって Seabeam survey が行なわれておりデータが豊富に揃っている

(Kobayashi et al., 1991)。日本海溝陸側斜面の水深5900m から6400m にかけては南北性の急崖が発達しており、6500m 以深は地形は平坦である。マルチチャンネル音波探査記録測線 ORI78-4 ではこの急崖には陸側に傾く強い反斜面が認められる (Von Huene and Kulotta, 1990)、ドレッジによりホルンフェルスが得られている (Takigami and Fujioka, 1990)。

平成3年から始まった海洋科学技術センターの「しんかい6500」による本格的な海溝調査は日本海から始められ、6000m を越える最初の研究潜航は日本海溝のこの地点で行なわれた (藤岡・村山, 1991)。図1は潜航地点付近の日本海溝の海底地形の概略と潜航地域を示す。第63潜航では6500m の平坦面からこの急崖を登り、1985年の日仏海溝計画の潜航地点までをつなぐ潜航が行なわれた。また第64潜航では第63潜航の地点より東の地点の観察も併せて行なわれた。これらの一連の潜航と日仏海溝計画での潜航結果を合わせて陸側斜面の5200m-6500m に至る連続海底表層断面が得られた。小論では第63潜航の観察結果をまとめ

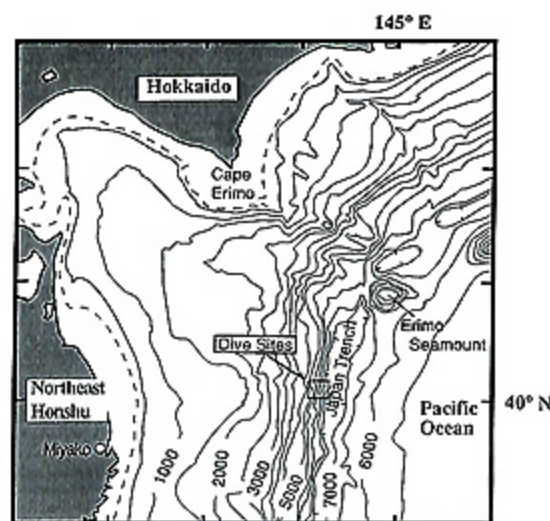


図1 日本海溝北部の海底地形概略
潜航地点を枠でこった

Fig. 1 Topography of northern Japan Trench with dive sites.

シロウリガイの群集の立地条件としてのメガシアーについて論じる。

2. 海底地形

図2は日仏海溝計画の時と東京大学海洋研究所の行ったマルチナロービームによる日本海溝域の海底地形図を示す。これによって海底地形の大雑把な特徴をつかむことが出来る。図3、及び図4はIPOD第56、67節の事前調査として行われたマルチチャンネル音波探査の断面とその解釈を示した。日本海溝域の海底地形の特徴は、1) 三陸沿岸の溺れ谷、2) 狭い大陸棚、3) 広大な深海平坦面の発達、4) 海溝上部斜面海盆、5) 海溝中部斜面海盆、6) 海溝下部斜面、7) 海溝底、海側斜面の地塁・地溝がほぼ南北に海溝軸に平行に分布していることである。

1) 三陸の溺れ谷は海水準変動によって出来た湾で良好な漁船の母港となっている。しかし水深が浅いためしばしば津波の大きな被害をこうむっている。1869年と1933年の三陸津波地震がそうである。

2) 狭い大陸棚は日本の沿岸の特徴であるが、三陸の場合寒流と暖流が会合するため良い魚場となっている。

3) 深海平坦面の発達については、岩渕(1969)は深海平坦面が東北日本の北の方ほど面積が広く南に狭くなること、また水深の異なる何段かの平坦面が認識されることを指摘した。IPOD第57節では深海平坦面の掘削に成功し東北日本の地史が編纂された(Von Huene et al., 1980)。

4) 上部海溝斜面海盆は厚い堆積物に埋積され

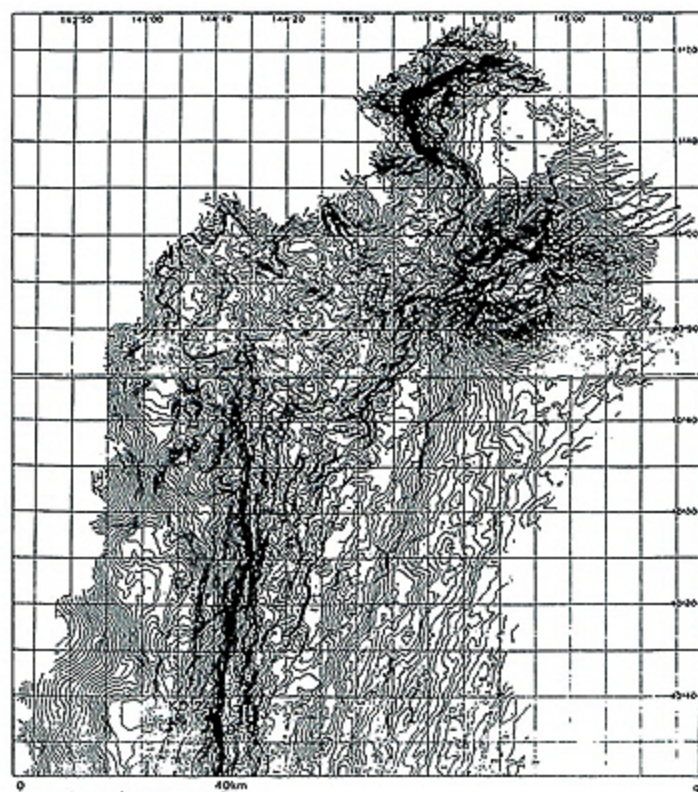


図2 日本海溝域のマルチナロービームによる地形図
南北性の三陸海底崖が極めて顕著に見られる

Fig. 2 Topographic map of northern Japan Trench
written by multi-narrow beam
Note the remarkable north-south trending
Sanriku Escarpment

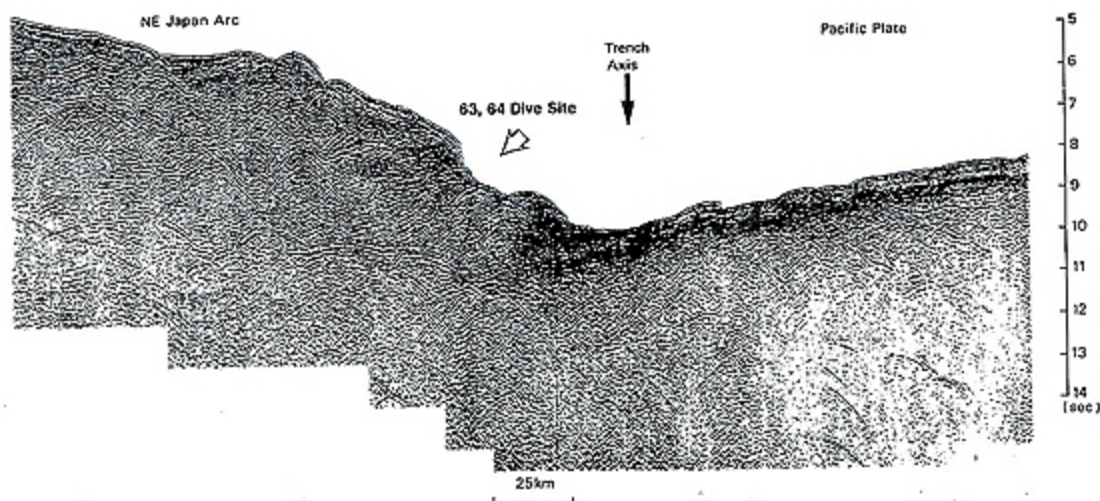


図3 マルチチャンネル音波探査の断面
Line OR178-4 の未処理の記録
Fig. 3 Multi-channel seismic profile across the Japan Trench

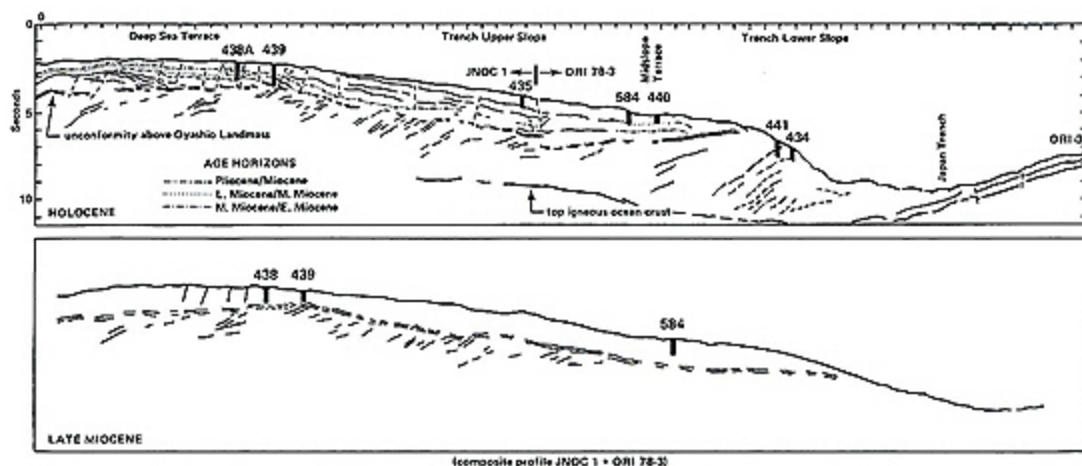


図4 マルチチャンネル音波探査の解釈
図3のラインドローイングに掘削点を落としたもの
Fig. 4 Line drawing of multi-channel seismic profile with drill sites of IPOD Legs 56 and 57

た海盆で、IPOD 第57節では深海平坦面の掘削に成功し東北日本の地史が編纂された。

5) 中部海溝斜面海盆はやはり厚い堆積物に埋積された海盆で、IPOD 第57節と第87節で掘削が行なわれこれが第四紀の土石流堆積物で急速に埋積されたことが明らかとなった (Von Huene et al., 1980; Karig et al., 1982)。

6) 海溝下部斜面は土石流堆積物で繰り返し同じ地層が露出することがIPOD 第57節と第56節の掘削で明らかとなった (Von Huene et al., 1980;

Langseth et al., 1980)。南海トラフのような付加帯の発達はなく、ここでは Tectonic erosion が進行していることが多くの人によって指摘されている (村内ほか, 1989; Von Huene and Culotta, 1990)。

7) 海溝底は水深やその中で深まり (deep) の分布が偏っていることなどから、東北日本を断切りにする断層の存在とトランスフォーム断層が最活動したことが藤岡 (1985) により指摘されている。

8) 海側斜面には顕著な地壘・地溝がほぼ南北に分布しており (Ludwig et al., 1966), 全体としてジグザグした凹地の分布を呈している。これらの地溝のひとつから新しい裂け目が発見された (堀田ほか, 1991)。

3. 潜航結果

第63潜航は以下の目的をもって行なわれた。まず潜航地点を選んだ理由は、1) 三陸沖の日本海溝陸側斜面の水深5900-6500mには三陸海底崖と呼ばれる急斜面が存在すること、2) 音波探査断面にはこの急外部に巨大なメガシアーゾーンが認められること、3) 6500mの平坦面には逆断層面が想定されること、4) そしてこの面が海溝底から陸側斜面にかけての最初のステップになること、5) 三陸海底崖の下には厚い崩壊堆積物や土石流堆積物が存在すること、からこの急崖に添って深海生物群集の存在が予想されることである。

そしてこの急崖に添って以下の目的で潜航がなされた。それらは、1) シロウリガイ群集の地理的分布の掌握、2) 群集の組成の観察、3) シロウリガイとその周辺の堆積物の採集、および4) 急崖の表面の観察と泥岩の採集である。

図5には第63潜航の航跡を示した。潜航は6000mから6500mにかけて南北に分布する急崖 (三陸海底崖) に直交する東西方向に行なわれた。

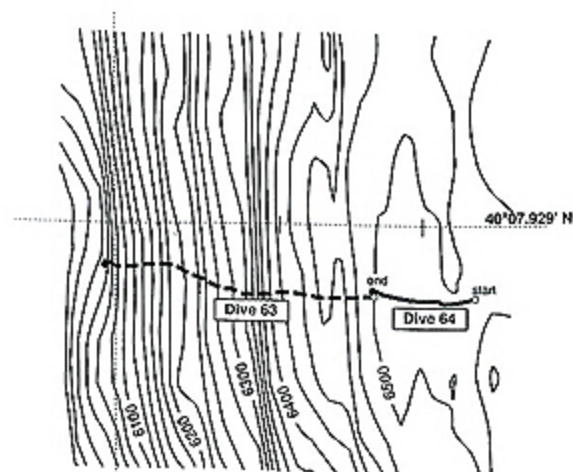


図5 第63潜航の航跡

地形図は「よこすか」により潜航の前に事前調査としておこなわれたマルチナロービームである。

Fig. 5 Ship's track of dive #63

また図6にはその断面をシロウリガイの生息深度分布として示した。

水深6400m以深の海底は急崖より由来したと考えられる土石流堆積物によって覆われた平坦面を形成している。海底の表面には土石流の粗い堆積物とそれらが洗いだされて残った土石 (泥岩の角礫) が見られた。堆積物の表面にはナマコやエビなどが高密度で生息している。水深6366mでは、シロウリガイの群集が発見された。これは今まで知られているものでは世界最深のシロウリガイ群集である。写真1はシロウリガイの生息状況を示す。シロウリガイの個体は最大で12cm程度の長さで殻には穴が開いていたり、立枯れていたりしている。一つ一つのコミュニティは直線的な分布をしており、密集した一つの群集の長さは数10cmから約1m程度のものが卓越している。群集の直線的な方向は急崖に直交ないしは緩く斜交する東西性を示している。小規模なシロウリガイ群集は小規模なガレに対応している。これらの群集は南北に相当の範囲にわたって分布していると思われる。深海生物群集の組成は、シロウリガイ、ナマコ、巻き貝、ゴカイ、エビ、イソギンチャク、ワレカラでありシロウリガイが一番卓越していた。またイソギンチャクはシロウリガイの殻に付着しており共生関係を思わせる。エビは群集の外に生息していた。深海生物群集を構成する堆

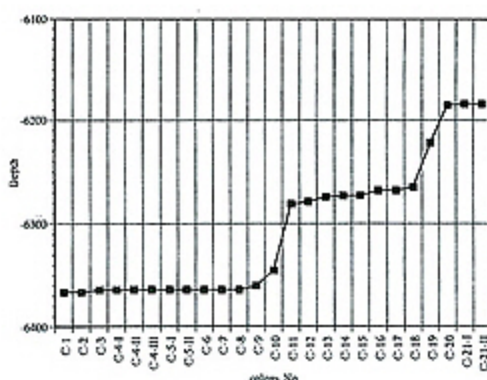


図6 シロウリガイの生息深度分布図

第63潜航で観察された群集に全て番号を付けてそれを水深に対してプロットしたもの。ほぼ潜航の航跡に添っている。

Fig. 6 Depth and distribution diagram of calyptogena found during dive #63

積物はその周辺の堆積物とは異なって色が黒く H_2S の臭いがする。

急崖は緩い斜面と比較的急な斜面との組み合わせであるが、潜航の航跡に添ったルートには白鳳丸のドレッジで得られたような堅いホルンフェルスの露頭は見られなかった。水深6280mと6180mに別のシロウリガイの群集が発見された。形態や群集の組成は最深の群集とほぼ同じであった。これらの群集も南北に延びた地理的分布を示しているようである。これらをまとめたのが図7である。

4. 考 察

本潜航を通じて得られた結果から以下の3つの点について考察する。それらは、1) シロウリガイ群集の地理的生息分布、2) 三陸海底崖、3) 深海生物群集のテクトニックな要因についてである。

1) シロウリガイ群集の地理的生息分布

潜航の結果シロウリガイの群集の地理的な分布にはいくつかの規則性が認められた。それらは、以下のようである。

世界最深のシロウリガイ群集は水深6366-

6364mのところにしか分布せず、それより水深が深い所には生きた貝は見られなかった。第64潜航ではさらに東の地域で潜航が行なわれたがやはり生物群集は発見できなかった(加藤, 1991)。このことから、生物群集の深さのリミットは6366mであろうと考えられる。これはまた別の観点からもう一度議論する。

生物は急崖に添って一様に分布するのではなく、6366m, 6280m, 6180mのところにしか生息しておらずその途中には生存する貝は見られなかった(図6)。このことは、生物の生息に束縛条件があると考えられ、それは地下から湧きだす水が丁度この水深のところにのみ沸き上がってくるものと考えられる。

同一の水深の平面方向を見ると深海生物群集は同じ深さの所には生息している。しかもそれは直線的に分布しており、断層か、リニアメントに添って分布しているものと考えられる。このような生物の分布は南海トラフの天竜群集で顕著に観察された(Le Pichon et al., 1983; Fujioka and Taira, 1989)。

2) 三陸海底崖

三陸海底崖は海溝計画のシービー調査や白鳳

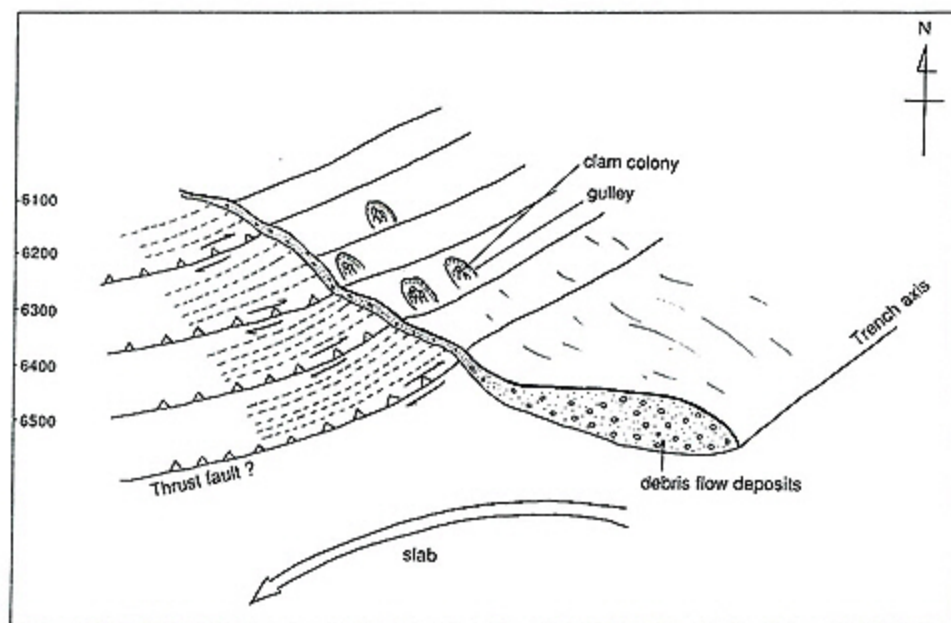


図7 冷水湧出帯生物群集の生息モデル

Fig. 7 Model for the existence of the calyptogena deep communities along the foot of the Sanriku Escarpment

丸の調査で確認されている。ほとんど南北方向の走行を有し南北最大160kmにわたって追跡できる。急崖は落差最大600mあり大きな構造であると言える。IPODのPre-site surveyが行なわれたマルチチャンネル音波探査の断面を図3に示した。急崖に添ってTectonic erosionが起こっている可能性は村内ほか(1979)によって提案されている。Von Huene and Culotta (1989)は音波探査の記録の再処理を行ない新しい解釈をした。この記録によれば急崖に添って地下には無数の断層が存在することがわかる。強い反斜面は概ね断層に相当し地下深部より流体が上昇してくる通路となりうる。中村・島崎(1981)は沈み込み境界での力学境界という概念を導入し力学が境界がプレート相互のひずみの解消の場であることを強調した。

三陸海底崖の傾斜の変換点は水深6500mにありそれより東は巨大な土石流堆積物によって覆われている。この傾斜変換点は音波探査記録から見て逆断層で一種の力学境界であると考えることが出来る。そしてこのような場所にはデコルマに添って地下から水が運ばれてきて生物を養っている可能性が高い。

3) 深海生物群集のテクニクな要因

音波探査断面や潜航による露頭の観察結果からシロウリガイ群集は水深約5900m-6366mの間のみ存在し、この生物の存在区間は全体が断層によって破碎された一種の巨大な破碎帯、すなわちメガシアーズンを形成している可能性がある。太平洋プレートが東北日本の下に沈み込むことにより海溝の陸側の力学境界の部分には泥岩中にメガシアーズンが形成され、泥岩は変形されればらになって土石流として水深の深い方へと流れ下り6400m以深の平坦面を形成した。プレートと共に沈み込んだ堆積物は大量の水を吐き出しその水はメガシアーズンを通して海底表面に達し、土石流の中をくぐり抜けて湧きだし生物群集を養っている可能性が高い。従って、メガシアーズンの上限と下限とが生物群集の立地の上限と下限であろう(藤岡・村山, 1991)。

5. 結 論

世界最深の生物群集の観察の結果、生物群集の

生息状況と生息条件として以下のようなシナリオが描ける。太平洋プレートが東北日本弧の下に沈み込み、日本海溝陸側斜面の力学境界の部分にはそこを構成する泥岩中にはプレートのカップリングに伴う強い変形のためメガシアーズンが形成される。三陸海底崖を構成する泥岩は強い変形を受ければらになって斜面崩壊を起こし土石流として下流へと流れ下り6500m以深の平坦面を形成した。一方、太平洋プレートと共に沈み込んだ半遠洋性堆積物は地下深部で圧縮され大量の水を吐き出し、その水は陸側斜面の地下のメガシアーズンを通して海底表面に湧きだし、海底の表面を厚く覆う土石流堆積物の中を潜り抜けて湧きだし生物群集を養っている可能性が高い。従って、メガシアーズンの上限と下限とが生物群集の立地の上限と下限であろう。

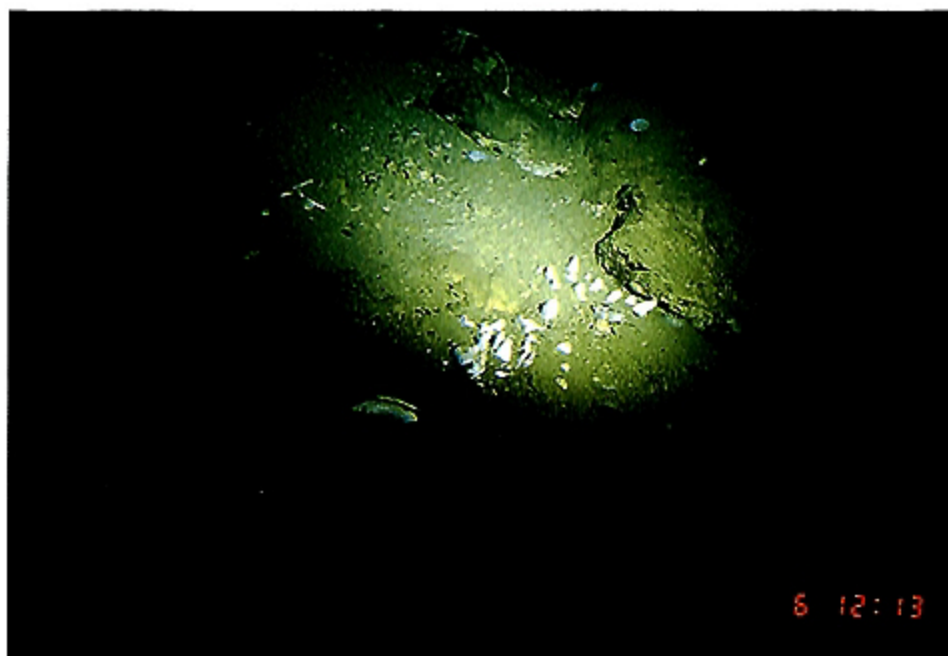
謝 辞

「しんかい6500」運航チームの方々並びに「よこすか」のクルーの方々には潜航に際して大変お世話になった。東京大学海洋研究所の太田秀、蒲生俊敬、平朝彦の諸氏からは生物群集に関して貴重な御意見を賜った。東海大学の岡野肇氏には原稿作成のお手伝いをしていただいた。これらの方々に感謝します。尚この潜航は筆者が東京大学海洋研究所にいたときの潜航であることを付記しておく。

参 考 文 献

- Cadet, J. P., Kobayashi, K., Aubouin, J., Deplus, C., Dubois, J., Von Huene, R., Jolivet, L., Kanazawa, T., Kasahara, J., Koizumi, K., Lallemend, S., Nakamura, Y., Pautot, G., Suyehiro, K., Tani, S., Tokuyama, H. and Yamazaki, T., 1987, The Japan Trench and its juncture with the Kuril Trench: cruise results of Kaiko project, Leg 3. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 83, 377-381.
- Cadet, J. P., Kobayashi, K., Lallemend, S., Jolivet, L., Aubouin, J., Boulegue, J., Dubois, J., Hotta, H., Ishii, T., Konishi, K., Niitsuma, N. and Shimamura, H., 1987, Deep scientific dives in the Japan and Kuril Trench, *Earth Planet. Sci.*

- Lett.*, 83, 313-328.
- Fujioka, K., 1985, Synthesis of Neogene Explosive volcanism of the Tohoku Arc, deduced, from the marine tephra drilled around the Japan Trench region, Deep Sea Drilling Project Leg 56, 57 and 58B, in H. Kagami, D. E. Karig, W. T. Coulbourn(eds.), *Initial Reports of DSDP*, 87, 703-723.
- 藤岡換太郎, 1985, 地学雑誌
- 藤岡換太郎・村山雅史, 1991, 日本海溝陸側斜面の世界最深のシロウリガイ群集とメガシア一, 第8回しんかいシンポジウム予稿集, 1-4.
- Fujioka, K. and Taira, A., 1989, Tectono-sedimentary setting of seep biological communities—a synthesis from the Japanese subduction zone—. In *Sedimentary Facies in the Active Plate Margin*, A. Taira and F. Masuda(eds.), 577-602, TERRAPUB., Tokyo.
- Honza, E., 1980, Pre-site survey of the Japan Trench transect, Deep Sea Drilling Project Leg 56, 57 and 58B, in H. Kagami, D. E. Karig, W. T. Coulbourn(eds.), *Initial Reports of the DSDP*, 87, Pt. 1, 703-723.
- 堀田宏・小林和男・小川勇二郎, 1991, 日本海溝海側斜面の地質構造, 第8回しんかいシンポジウム予稿集, 1-4.
- 岩渕義郎, 1968, 北大西洋の海溝地形, うみ, 7, 15-23.
- Karig, D. E., Kagami, H., Fujioka, K. and DSDP Leg 87 scientific party, Varied responses to subduction in Nankai Trough and Japan Trench forearc, *Nature*, 304, 148-151.
- 加藤千明・服巻辰則・高橋一昭・堀越弘毅, 1991, 日本海溝陸側斜面, 深度6500mにて観察された生物群集について, 第8回しんかいシンポジウム予稿集, 102-103.
- Kobayashi, K., 1991, Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH90-1. O.R.I. Univ. of Tokyo.
- Langseth, M. G., Von Huene, R., Nasu, N. and Okada, H., 1980, Subsidence of the Japan trench forearc region of northern Honshu, *Oceanol. Acta*, Sec. Issue, 173-179.
- Le Pichon, X., Iiyama, T., Chamly, H., Charvet, J., Faure, M., Fujimoto, H., Furuta, T., Ida, Y., Kagami, H., Lallemant, S., Leggett, J., Murata, A., Okada, H., Rangin, C., Renard, V., Taira, A. and Tokuyama, H., 1987, The eastern and western ends of Nankai Trough: results of Box 5 and Box 7 Kaiko survey. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 83, 199-213.
- Ludwig, W. J., Ewing, J. I., Ewing, M., Murauchi, S., Den, M., Asano, S., Hotta, H., Hayakawa, M., Asanuma, T., Ichikawa, K. and Noguchi, I., 1966, Sediment and structure of the Japan Trench, *J. Geophys. Res.*, 71, 2121-2137.
- 村内必典, 1979, 日本海溝におけるサブダクションの機構, 海洋科学, 11, 799-806.
- 中村一明・島崎邦彦, 1981, 相模トラフとプレートの沈み込み, 科学, 53, 490-498.
- Ohta, S. and Laubier, L., 1987, Deep biological communities in the subduction zone of Japan from bottom photographs taken during "Nautile" dives in the Kaiko project. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 83, 329-342.
- Pautot, G., Nakamura, K., Huchon, P., Angelier, J., Bourgois, J., Fujioka, K., Kanazawa, T., Nakamura, Y., Ogawa, Y., Seguret, M. and Takeuchi, A., 1987, Deep-sea submersible survey in the Suruga, Sagami and Japan Trenches: preliminary results of the 1985 Kaiko cruise, Leg 2. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 83, 300-312.
- Takigami, Y., and Fujioka, K., 1989, ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating of hornfels dredged near the Japan Trench. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, Ser. 2, 34, 3, 181-188.
- Von Huene, R., Langseth, M. G., Nasu, N. and Okada, H., 1980, Summary, Japan Trench transect, *Initial Reports of DSDP*, 56 & 57, Pt. 1, 473-488.
- Von Huene, R. and Culotta, R., 1989, Tectonic erosion at the front of the Japan Trench convergent margin. *Tectonophysics*, 160, 75-90.



1



2

写真1 シロウリガイの生息状況

1 線状分布

2 点状分布

Photo 1 Distribution of calms, 1. Line distribution, 2. Point distribution.

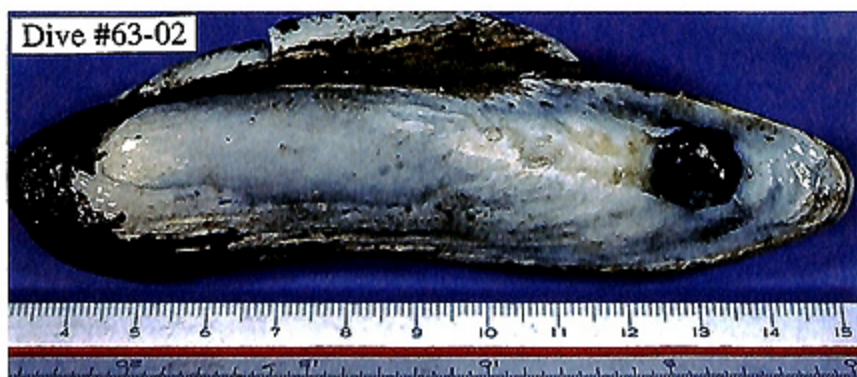
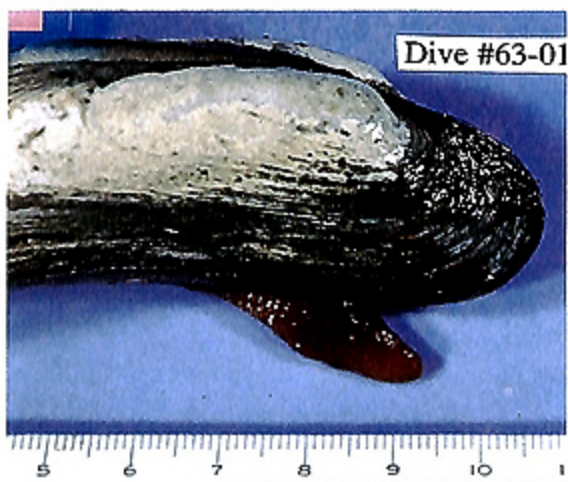
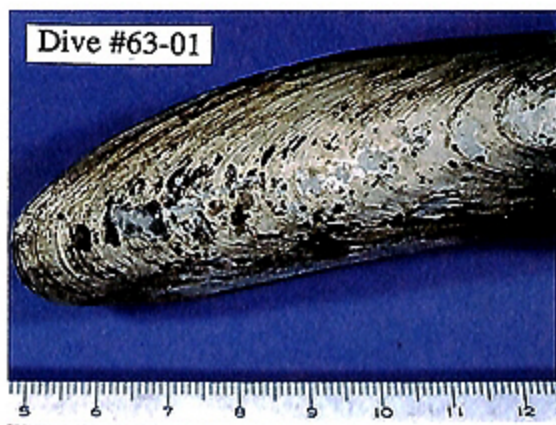


写真2 シロウリガイの固定写真

Photo 2 Closed up photographs of the calyptogena
from different colonies

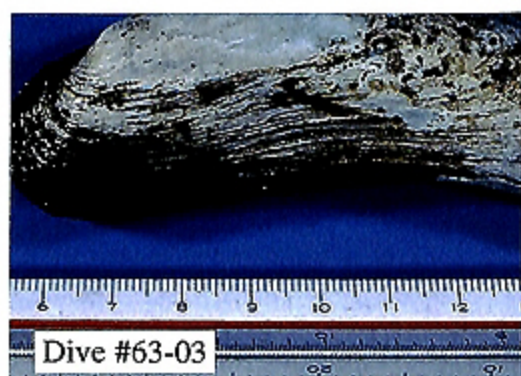
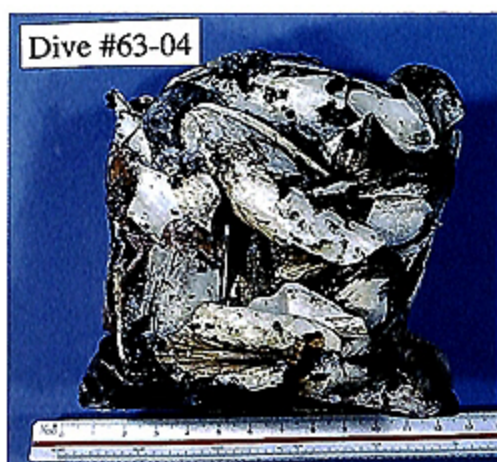


写真2 シロウリガイの固定写真
Photo 2 Closed up photographs of the calyptogena
from different colonies