

大西洋中央海嶺／ケイントランスフォーム 西接合部（西MARK）の活構造と テクトニクス

竹内 章*¹ 藤本 博巳*² ウィルフレッド・ブライアン*³
 モーリス・タイビー*³ 石塚 英男*⁴ ピーター・ケレメン*³
 木下 肇*⁵ 松本 剛*⁶ 小林 和男*⁷ 古田 俊夫*⁸
 富士原敏也*²

1994年7月、大西洋中央海嶺とケイントランスフォーム断層とが会合する西MARK地域において、海洋科学技術センター「よこすか／しんかい6500」による地球物理観測を主な目的とした日米共同調査が行われた。小論では、潜水調査船による活トランスフォーム帯と海嶺接合部の2サイトにおける目視観測の調査結果にもとづいて、テクトニクススタイルの移行様式と地殻変動プロセスのモデルについて報告する。要点は、海嶺軸火山帯が活トランスフォームによる「引きずり」を受けた様相を呈し、海嶺トランスフォーム接合部の局所テクトニクスを特徴づけていることである。

結節海淵と内角高地の成因については、海嶺軸における分節現象や海嶺軸を沈降させる「冷たいマントル」の存在を包含したテクトニックモデルが必要とされる。

キーワード：中央海嶺、活火山帯、活トランスフォーム帯、断層ガウジ、ネオテクトニクス

-
- * 1 富山大学理学部
 - * 2 東京大学海洋研究所
 - * 3 ウッズホール海洋研究所
 - * 4 高知大学理学部
 - * 5 東京大学地震研究所
 - * 6 海洋科学技術センター深海研究部
 - * 7 海洋科学技術センター
 - * 8 川崎地質株式会社
 - * 9 Faculty of Science, Toyama University
 - * 10 Ocean Research Institute, University of Tokyo
 - * 11 Woods Hole Oceanographic Institution
 - * 12 Faculty of Science, Kochi University
 - * 13 Earthquake Research Institute, University of Tokyo
 - * 14 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center
 - * 15 Japan Marine Science and Technology Center
 - * 16 Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd.

Active Tectonics at the Mid-Atlantic Ridge/Kane Transform Intersection (WMARK)

Akira TAKEUCHI*⁹ Hiromi FUJIMOTO*¹⁰ Willfred BRYAN*¹¹
Maurice TIVEY*¹¹ Hideo ISHIZUKA*¹² Peter KELEMEN*¹¹
Hajimu KINOSHITA*¹³ Takeshi MATSUMOTO*¹⁴
Kazuo KOBAYASHI*¹⁵ Toshio FURUTA*¹⁶
Toshiya FUJIWARA*¹⁰

In order to complete geophysical measurements and to elucidate tectonic style and process at the ridge/transform intersection of Mid-Atlantic Ridge with western Kane Transform Fault, "WMARK", submersible observations have been successfully conducted in July of 1994 by the Japan-U.S. cooperative investigation program. As the results, axial neovolcanic zone shows a dragged orientation affected by active dextral transform faulting. The characteristics of localized deformation form the remarkable tectonomorphology of both the inside corner high and the nodal basin, presumably due to listric normal faulting at the terminal ridge segment above an uplifted cold mantle.

Key words: Mid-oceanic ridge, Neovolcanic zone, Active transform, Fault gouge, Neotectonics

1. はじめに

中部大西洋北回帰線付近の深海底MARK地域では大西洋中央海嶺 (MAR) とケイトランスフォーム断層とが会合し、年間約 1 ~ 2 cm 程度で比較的遅い拡大軸を特徴づける中軸地溝帯と活火山帯が約 150 km 隔離している (図 1)。東西 2 か所の海嶺/トランスフォーム断層の結節点 (RTI) は、それぞれ、東MARK地区及び西MARK地区と呼ばれている。両者の地形・地質構造は、類似しているものの相違もみられる。この点は今後、調査研究の焦点となってこようが、今回の報告では触れない。東MARK地区は大西洋中央海嶺のなかでも最も調査が進んでおり、地形・地質・地球物理データが多い。同地区は、海嶺が水深 5,300 m を超える深度にある一方、RTI の内角側は水深 6,000 m を超える結節海淵 (Nodal Deep) と水深 2,000 m よりも浅い内角高地 (Inner Corner High) が隣接する特異な地形をなしている。1994 年 7 月、西MARK地区の RTI (サイト 1) とその東方近傍 (サイト 2) の両調査地域で、海洋科学技術センター「よこすか/しんかい 6500」による地球物理観測を主眼とした日米共同調査が行われた。「しんかい 6500」の潜航調査は、第 201 潜航から第 215 潜航まで、予定された 15 回のすべてが実施された (藤本ほか, 1994)。ここでは、活構造として

の海嶺軸火山とトランスフォーム断層についてテクトニクスに焦点を絞って報告する。

2. 潜航調査結果

2.1 西MARK-RTI (サイト 1)

サイト 1 では、東MARK地区と同様にトランスフォーム断層の急崖で下部地殻構成岩の露出が予想されていたが、複数回の断層横断調査によってもこうした塩基性岩体の露頭は認められなかった。なお、詳細は割愛するが、およそ 10 Ma の年代と推定される変質玄武岩の急崖で東下りの断層条線が観察され (第 204 潜航, 水深 3,949 m)、トランスフォームによる右横ずれに南側が隆起し北側が沈降する上下成分が付随したことが確認される。上下成分については、現在の西MARK結節盆地の沈降を示すという解釈と、この部分の海洋地殻が形成された当時の東MARK地区における内角高地の隆起に伴うものという解釈が可能である。断層の活動年代が不明であるから即断はできないが、西MARK地区の現結節盆地との比高が約 1,000 m に達する崩壊自由面が観察されたことから、後者の可能性が高い。

現在の中軸地溝帯は、合計 3 回の潜航調査が実施された。第 201 及び 205 潜航による横断調査の結果を踏まえ

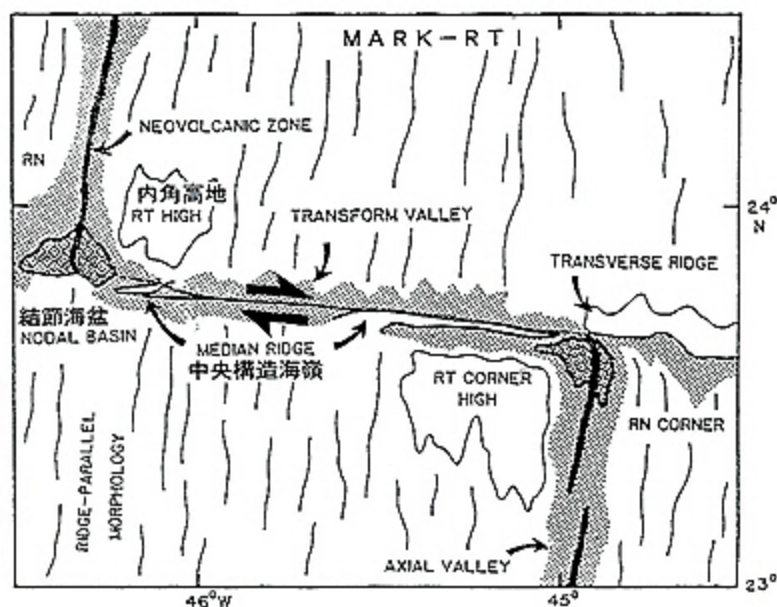


図1 MARK地域の地形構造概念図。ケイトランスフォーム断層と南北両側の大西洋中央海嶺との交差現象を特徴づける変動地形構造として、拡大中軸谷 (Axial Valley)、新期火山帯 (Neovolcanic Zone)、結節盆地 (Nodal Basin)、内角高地 (Inner Corner High)、トランスフォーム構造谷 (Transform Valley)、中央構造海嶺 (Median Ridge)、固着トランスフォームに沿った横断山脈 (Transverse Ridge) を示す。図中の2つの中央構造海嶺は、トランスフォーム構造谷から派生し、対の矢印で示したトランスフォーム運動のセンスで各々東西に伸びている。RT: 海嶺-トランスフォーム交差, RN: 海嶺-固着トランスフォーム交差。Tucholke and Schouten(1988)を一部修正し加筆

Fig. 1 Sketch map identifying principal features of the Kane transform at the Mid-Atlantic Ridge axis. The two median-ridge segments are connected to the transform valley walls. Ridge-non-transform (RN) and elevated ridge-transform (RT) corners of the Mid-Atlantic Ridges are indicated. Paired arrows show dextral sense of shear motion along active transform. After Tucholke and Schouten(1988) with a slight modification.

て、第206潜航では、プレートの拡大中心と考えられている海嶺軸火山帯にある孤立峰からトランスフォーム断層に向かって新期火山帯を縦走する地形地質調査を行った。この孤立峰は、海面からのマルチナロービーム精密測深では水深4,800m前後の高まりであるが、今回の潜航による実地調査で、山頂部は幅30m程度で北北西-南南東方向にのびる狭長な火口ビットになっていることが明らかになった。ビット内部の側壁は新鮮な玄武岩とその碎屑物からなり、平坦で泥質火口底の両側は東西とも玄武岩の崖を切るごく新しい低断層崖であった(図2)。

いくつかの東西性ないし北西-南東方向の走向をしめす階段状断層によって海嶺軸の走る向きが南から南東へ徐々にかわり、現海嶺軸火山帯の山頂も次第に深くなる。これらの断層は、ほとんど垂直の懸崖をもつこと(写真1)から、断層面は高角であり、変位センスは、「よこすか」のマルチナロービーム測深図による山稜線の分布パターンから、正断層成分を伴う右横ずれであると推定される。

海嶺軸火山帯を水深4,800m地点から稜線伝いに南下すると、尾根の冠部には高角の断層が並走し、断層崖を覆うように、より若い溶岩チューブが引き伸ばされて滝のように流れ落ちた跡も随所に観察された(写真2)。

この状況は、トランスフォーム断層に接近するにつれて徐々に透明度が下がり、溶岩表面に堆積物の被覆が認められるようになるほかは、変化がほとんど認められなかった。

この海嶺活火山帯はトランスフォーム断層がつくる断崖絶壁のやや手前で、突然細長い海底谷に切られるようにして終わっている。平坦な谷底は泥質であるが、陥没による円筒形の穴から未固結の綿状泥質堆積物が観察された(写真3)。陥没は、下位にルースな不淘汰堆積物があり、内部で海水の移動が起こるとサクシオンが動くのが原因であろう。なお、新期火山帯における第201、205、206潜航並びに結節海淵における第202、207潜航の各潜航調査を通じて熱水活動が起こっている徴候は認められていない。

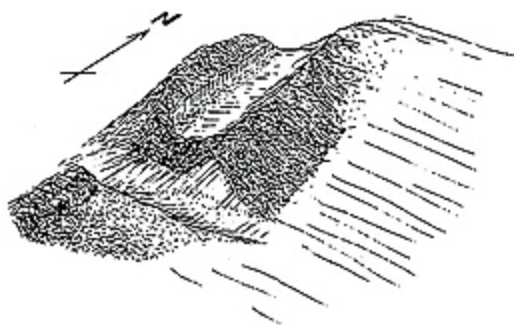


図2 海嶺軸新期火山帯にある孤立峰(水深約4,800m)の概念図。火口ピットの南側は高角断層に切れ、1本になった海嶺の稜線は右横ずれを示す

Fig. 2 Schematic scenery of twin peaks at the axial neovolcanic zone. An E-W trending high-angle fault cuts the southern flank, showing right-lateral offset of the axial summit line (ca 4,800m w. d.).

2.2 トランスフォーム (サイト2)

東MARK地区における従前の研究(たとえばKarsonほか, 1987)や米仏共同潜航調査による観察では、東結節海淵に面した内角高地の斜面下部には変質ハンレイ岩や蛇紋岩の露頭が報告されている。その類推として、西MARK地区でも、結節海淵及びその東隣にある内角高地南斜面下部(トランスフォーム断層の急崖)に超塩基性ないし塩基性深成岩体の露出が事前に期待されていた。しかし実際には玄武岩以外からなる岩盤の露出をみることはなかった。

今回のケイントランスフォーム断層の断層崖は、サイト1では第201, 203, 204, 206, 215潜航、サイト2では第208, 209, 212, 214潜航の各潜航調査で観察された。なかでも第209潜航は典型的かつ活動的なトランスフォーム断層の横断を主目的とした潜航であり、その結果得られた模式的な地質断面図を図3に示す。

サイト2のケイントランスフォーム断層は、アフリカプレート側にある内角高地の南側山麓と北アメリカプレート側の古い(約8 Ma)結節盆地である平坦部との間にあり、全体でもその幅は約1 kmである。とくに活動性が高いとみられる断層帯の幅は、図3の斜線部分で示されているように、100m程度である。山麓斜面の下部は平坦部と同様に細粒な軟泥で覆われているが、大小の低断層崖があり、小崩壊した部位では粗粒な斜面堆積層や破砕帯のガウジ(未固結の断層破砕物)が観察された。

第209潜航のルートでは中央部にあたる傾斜変換線付近を境に上部では、人頭大の玄武岩礫からなる崖錐が

ローマ時代の舗装道路のように斜面を延々と覆い尽くしていた。大小様々な斜面崩壊や斜面侵食が起こっているが、テクトニックな変形はほとんどみられない。一方、傾斜変換線付近では、斜面とは逆向きの低断層崖と細長い溝状凹地が発見された(写真4, 5, 6)。このような変動地形は、陸上で活動度の高い横ずれ活断層でしばしば観察されることから、現在横ずれ活動が最も活動的な主断層と判断される。さらに断層露頭はまだ崖錐に覆われていないため、ごく最近の地震断層である可能性がある。

この逆向き低断層崖には赤褐色や緑色が斑状にまじった白色のガウジが露出し、右横ずれの変位センスを示す内部構造が観察された。

こうした活断層露頭は、狭く細長い小丘や小地溝の側壁にあたり、新鮮でネバネバした断層ガウジを伴っている。このような断層露頭を伴う顕著な活断層地形は、サイドスキャンソナーTOBIのイメージデータにより、トランスフォーム帯中央構造海嶺(Median tectonic ridge)と内角高地とを境する谷筋を経てサイト1まで明瞭に追跡できる。

中央構造海嶺は、もともと断層帯の地下深部からのダイアビルで形成されたメランジュと推定され、第214潜航で蛇紋岩化したペリドタイトのテクトナイトが採集された(石塚ほか, 1994)。中央構造海嶺では、内角高地からしか供給され得ない海嶺玄武岩の崖錐が、比高数百mを超える断層谷を隔てて、しかも南斜面に分布することが確認されたことから、右横ずれセンスで変位している活構造とみられることは明らかである。実際、中央構造海嶺は東端で内角高地と接合し、断層鞍部となっている。とくに中央構造海嶺と内角高地の接合部で断層ガウジを採取したが(第214潜航)、深海底で目視観察と合わせて活断層露頭からガウジの標本が得られたことは、世界でも初めての貴重な成果である。

中央構造海嶺の北側斜面中腹では、細長い溝状凹地とは逆にガウジが断層破砕帯からはみ出すように畝状に盛り上がり連続していた。こうした溝や畝は、横ずれ断層の破砕帯の発達に伴って地下でフラワー(花卉)構造と呼ばれるデュプレックス構造(断層面の分岐重複形態の一種)が形成されている証拠とみられる。フラワー構造は横ずれ断層の屈曲部や雁行部でのひずみの解消に関係して形成されることが考えられており、局所的な短縮域では分岐断層が逆断層成分を伴うため盛り上がり、伸長域では正断層成分により溝状にくぼむ。中央構造海嶺は短縮性の大規模なものといえる(図4)。

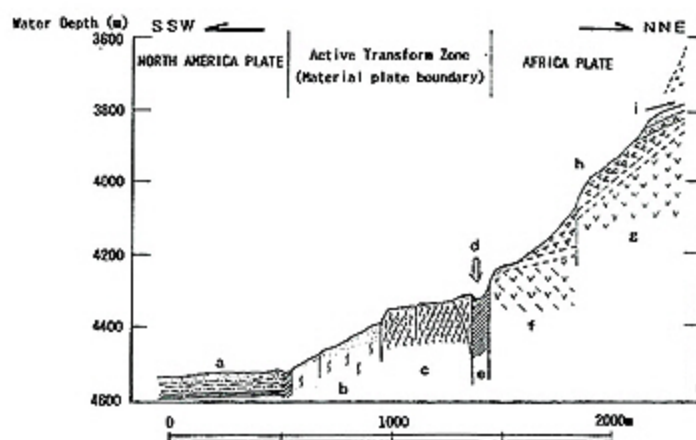


図3 「しんかい6500」第209潜航によるトランスフォーム横断プロファイル。a: 東MARK接合部で形成され移動してきた古い結節海淵の厚い細粒堆積物, b: マントルカンラン岩起源の蛇紋岩, c: 蛇紋岩と玄武岩が角礫状に混合した断層破砕帯, d: 逆向き低断層崖と小地溝, e: 軟弱な断層ガウジ帯, f: 破砕された古い海嶺玄武岩, g: 固結した崖堆積物(Δ)に覆われる約100万年前の海嶺玄武岩(v)。基盤は露出しない。h: おびただしい玄武岩の転石がトランスフォーム谷の上部斜面を覆い尽くしている。i: 内角高地の谷間からの出口(緩斜面)

Fig. 3 Geologic profile across the active transform zone at West MARK. Bottom topography and subbottom lithology are based on the result of Submersible "Shinkai 6500" Dive 209. a: Very-fine-grained sediments deposited in the former nordal deep at East MARK RTI, b: Serpentinized mantle-peridotites, c: Crushed zone of mixture of serpentinites and basalts, d: Fault nick (reverse faced fault scarp and narrow trough), e: Soft gouge zone, f: Older basalts (fairly fractured), g: Solidified debris (Δ's) and underlying 1 Ma basalts (v's). No outcrop of bedrocks, h: The upper slope are totally covered by the basalt pediment, i: An outlet from the inner RT Corner High.

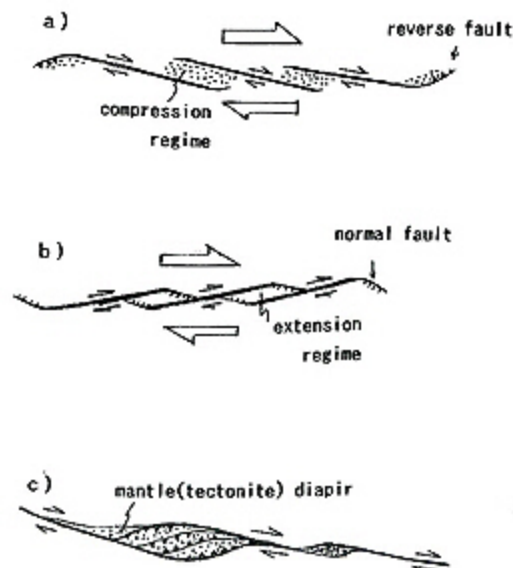


図4 中央構造海嶺の形成テクトニクス模式図。a) 右横ずれ断層が左雁行する場合は末端や橋部に短縮域が生じ、b) 右雁行する場合は伸長域が形成される。c) ケイトランスフォーム断層沿いの中央構造海嶺付近の構造概念図。地下で左雁行右横ずれ運動の複合(デュプレックス)によりフラワー構造ができるというモデル

Fig. 4 Simple schemata for tectonic process of Median Ridge formation. a) Left-stepping dextral faults cause shortening and positive relief among overlapping terminals, whereas b) Right-stepping dextral ones result in extension and negative relief. c) Strike-slip duplex model for the Median Ridge in the West MARK area. Positive flower structure with left-step dextral faulting is probable underground.

3. 議 論

上述のように今回の一連の潜航調査により、典型的な横ずれ断層と見られる部分の表層構造については、陸上でみられる大規模な横ずれ活断層と基本的な違いはみられないことが明らかになった。では、ケイントランスフォーム断層の活断層部分の西端は海嶺やさらに西方の固結断層として非活動的になっている部分とどのように接しているのか。

一般に横ずれ断層の末端の消滅機構はトランスフォーム断層であるか否かで異なり、活動的な部分全体にわたって変位量が変化しないトランスフォーム断層では海嶺や海溝に転化して消滅すると説明される。ケイントランスフォーム断層も拡大軸を切断し隔離している大規模な横ずれ断層であり、海嶺に接続する断層末端部の表層では何らかの伸張構造になっているはずである。

RTIでの潜航調査結果からみると、接合のテクニクスは結節盆地の非対称な沈降と内角高地の形成、並びに海嶺軸（活火山帯の地形的高まり）末端の東側への「引きずり」で特徴づけられる。海嶺軸がトランスフォーム断層に引きずられて南東方向に伸びているようにみえる。これは、RTIに向かって鉛直主応力が減少すると同時に、断層末端では、水平最大主圧力軸が回転するような応力の再配置と、断層面の急激な方向転換が起こっていることを示し、断層全線に変位ベクトルが均一に分布し保存されている点だけが、一般の横ずれ断層と異なる。

ところで結節盆地の形状には、①非対称で内角側がより深い、②少なくとも20~30kmにわたって海嶺軸までも沈降している、また③内角高地が隣接する、などの特徴がある。この事実から、中軸谷末端にある結節盆地の形成については、海底から地下に向かって傾斜角が減る断層面をもつリトリック断層の存在が想定され、遅いプレート拡大軸に共通する中軸谷の形成に半地溝とよばれる一種の伸張テクニクスが局所的に重複していると説明される（図5）。

現時点で議論は確定的でないが、低速の海底拡大軸がトランスフォーム断層との接合部において殊に火山活動が低調となる傾向があるならば、プレート運動の調節（拡大速度帳じり合わせ）は断層活動が担っている可能性が考えられる。つまり、RTIでは局地的にマントルが冷たくてマグマの生成が抑制され薄い地殻しか形成されないため、地形的には中軸谷のなかに盆地ができることになる。さらにRTIで結節海淵と内角高地がセットで形成される原因としては、プレートの発散境界では消極的にせよマ

ントルは隆起せざるを得ないことから、拡大軸側に傾斜したリトリックな正断層による半地溝が発達する。その際に上盤の盆地が傾動沈降して海淵が形成され、同時に、断層面上部は荷重が除去されるため断層沿いの下盤表層はより隆起するのであろう。

活トランスフォーム帯末端ではトランスフォーム運動に結節盆地の沈降運動が重複しているため、断層運動のセンスは正断層成分が右横ずれよりも優勢で、大規模な斜面崩壊地帯となっている（第215潜航）。結節盆地のなかでも内角高地側が深い理由は、中軸地溝帯末端における非対称でリトリックな正断層活動によって、東に傾動した半地溝が形成されている可能性が考えられる。その場合、半地溝の側壁にはトランスファー断層が形成される必要があるが（Twiss and Moores, 1992）、その役割はケイントランスフォーム断層が担っているのであろう。

図6は、中軸谷に半地溝が形成される作業仮説的モデルである。RTIでとくに火成活動が劣勢になれば、プレート拡大速度の局地異常（とくに低速拡大）が伝播性拡大軸の形成やトランスフォーム隔離の増大をもたらす可能性もある。いずれにせよ、このテクニクモデルの検証には、半地溝形成に不可欠なデタッチメント面の存在を確認することが課題である。

4. まとめ：西MARKにおける海嶺とトランスフォームの接合テクニクス

(1) 海嶺軸火山は、リフト型の断層と火山活動が同時または交互に起こっている割れ目火山であり、枕状やチューブ状の溶岩を主体とする。海嶺軸近傍では活動的なリフティングを示すテクニク的な変形運動（断層や裂開）で形成された急崖が発達し、直下には、おびただしい崖錐性火山角礫が分布する。

(2) RTIの潜航調査では熱水活動は視認されなかった。たった3回の潜航調査では即断できないものの、海嶺軸火山帯末端では上記のように活発な断層活動とは対照的に、現生火山活動は、やや低調で活動間隔が長い可能性がある。このようなテクニクスタイルは海嶺軸におけるプレート拡大速度がRTIで局所的に遅いことを暗示する。

(3) 西MARKの活トランスフォーム帯では、断層ガウジ帯がよく発達し、扁平礫の直立や回転も認められた。顕著な横ずれ活動の証左として、新鮮な変動微地形（暴溝）がみられ、未固結の断層ガウジが観察・採取された。この活トランスフォーム帯では横ずれ運動にともなう

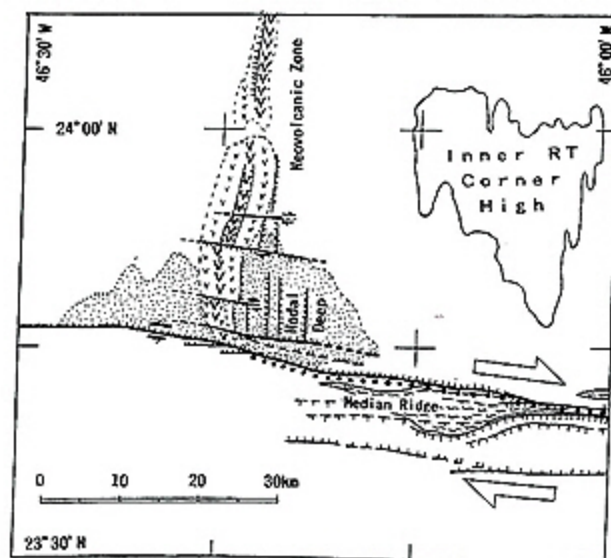


図5 西MARK海嶺トランスフォーム接合地域の構造図。西MARK地区における活構造の分布を示す概念図。活動的なトランスフォーム断層の末端部で断層面の急激な方向転換が起こり、海嶺軸（太V字列）がトランスフォーム断層に引きずられるようになっている。トランスフォーム帯には太い傍点を付けた

Fig. 5 Tectonic map of West-MARK ridge-transform intersection. Active tectonic features are shown. Change in orientation of axial trend of neovolcanic zone (V's and v's) indicates a dragging at the western termination of transform (solid dotted line) in the West MARK area.

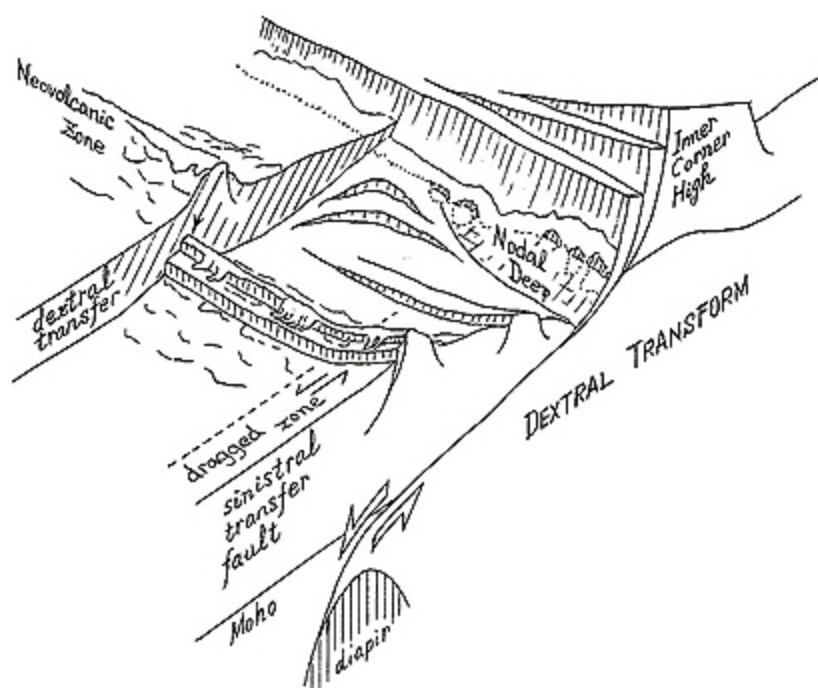


図6 結節盆地の形成モデル。簡単化のため固着トランスフォーム側（海嶺軸西側）の特徴は省略した。説明は本文参照

Fig. 6 Half-graben model for asymmetrical morphology (nodal deep) in Nodal Basin. Features in Non-transform side are omitted for simplicity. See text for explanation.

地下でデュプレックス構造が発達していると推定される。とくに地表で溝状凹地が形成されている部位の断面構造は伸張性のフラワー構造であると推定される。この溝はときに表層泥質堆積物に覆われるが、地下水流によるサクションが作用し陥没孔が形成される。

(4) 今回の一連の潜航調査により、活トランスフォーム帯と海嶺接合部の両サイト間10km程度の範囲でテクトニックスタイルの遷移が認められた。すなわち、南北性の正断層が顕著な海嶺軸部は伸張テクトニクスの場合であるが、RTIに近づく海嶺軸が北西-南東方向に転向するにつれて右横ずれ成分が増大する純粋剪断の場合となり、ついには、活トランスフォームの単純剪断帯へと移行する。

(5) 海嶺-トランスフォーム接合部の局所テクトニクスとして、次のようなモデルが提案できる。

① 結節海淵の成因は、中軸地溝帯末端における非対称でリストラクチャー正断層活動による半地溝形成である。半地溝の側方を限るトランスファー断層はケイントランスフォーム断層に重複するため、活動的トランスフォーム断層は海嶺軸の隔離区間からはみ出す。この結果、海嶺軸火山帯が活トランスフォームによる「引きずり」を受けた様相を呈する。

② 低速海底拡大とされる大西洋中央海嶺でも、RTIは海嶺軸での火山活動（岩脈貫入活動）の寄与がとくに小さく、余計に拡大速度が遅いため、隣接地域や全体のプレート運動速度に合わせるような調節作用が必然的に生じる。岩脈活動で不足した分の拡大は、半地溝型の結節盆地の形成発達で補填している。

5. おわりに

大西洋中央海嶺を特徴づけるRTI内角側に隣接する結節海淵と内角高地の成因は、表層の半地溝形成モデルで一応説明できた。RTIの外角側も同様の説明が可能であろう。しかし、海嶺軸における伝播性の分節現象 (segmentation) や海嶺軸を沈降させる原因については、マンテルダイナミクスを包含したテクトニックモデルが必要とされる。

さらに、トランスフォーム断層の活動部分の長さは何が決められているのか、断層の位置や方向はいつどのように変化するのかなどといったトランスフォーム断層特有の問題は、最上部マンテルの構造や挙動の性質と合わせて、詳しい説明は今後の課題である。深海底で起こっているテクトニクスの解明はようやく端緒にたどり着いたばかりであるが、表層の熱水活動や断層の形態など、モデル

や仮説の検証に不可欠な基本的観察資料が欠けているのが現状である。近い将来、再び「よこすか/しんかい6500」の航海によって、こうした課題にアプローチできる機会がめぐって来ることを期待している。

謝 辞

海洋科学技術センター深海研究部の堀田宏部長並びに藤岡換太郎主幹には、主に東アジアのネオテクトニクスと活断層を調査研究してきた筆者に対して、位置も設定も全く異なる大西洋中央海嶺で活構造とテクトニクスの潜航調査を行う機会を与えていただいた。また、「よこすか/しんかい6500」の航海と潜航調査計画の遂行にあたって、司令・船長並びに運航チームにはとくにお世話になった。記して深く感謝いたします。

引用文献

- Bryan, W.B. and S.E. Humphris (1994): Comparative volcanology of small axial eruptive centers in the MARK area. *Jour. Geophys. Res.*, **99**, 2973-2984.
- 藤本博巳・Bill Bryan及びWMARK航海乗船研究者 (1994): 大西洋ケイントランスフォーム断層西側の潜航調査。第11回しんかいシンポジウム予稿集, p.1.
- 石塚英男・WMARK乗船研究者一同 (1994): WMARK地域のトランスフォーム断層帯に産する海洋下部地殻及び上部マンテル物質の岩石学: 予察。第11回しんかいシンポジウム予稿集, p.9.
- Karson, J.A., G. Thompson, S.E. Humphris, J.M. Edmond, W.B. Bryan, J.R. Brown, A.T. Winters, R.A. Pockalny, J.F. Casey, A.C. Campbell, G. Klinkhammer, M.R. Palmer, R.J. Kinzler and M.M. Sulanowska (1987): Along-Axis variations in seafloor spreading in the MARK area. *Nature*, **328**, 681-685.
- Sinton, J.M. and R.S. Detrick (1992): Mid-oceanic ridge magma chambers. *Jour. Geophys. Res.*, **97**, 197-216.
- Tucholke, B.E. and H. Schouten (1988): Kane Fracture Zone. *Marine Geophys. Res.*, **10**, 1-39.
- Twiss, R.J. and E.M. Moores (1992): *Structural Geology*. Freeman, New York, 532pp.

(原稿受理: 1995年6月27日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

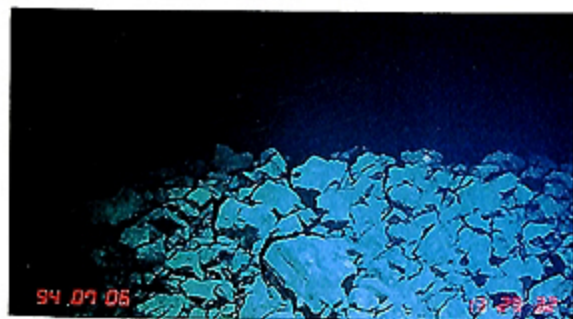


写真1 海嶺軸火山体山腹の崖を切る断層崖。この断層は海嶺軸を横切る東西性断層であり、RTI半地溝のトランスファー断層の一部とみられる (第206潜航, 水深4,841m)

Photo 1 Steep fault scarp of E-W trending dextral transfer fault cutting slope debris of an axial basalt volcano "Shinkai 6500" Dive 206, 4,841m water depth)

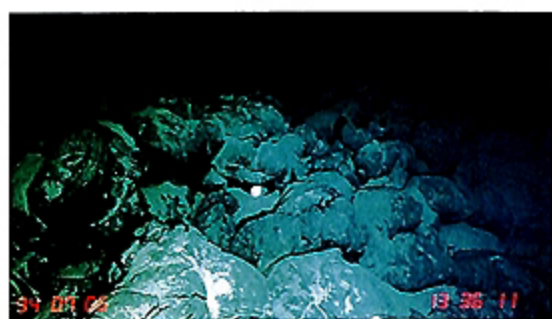


写真2 断層崖を覆って流れ下る玄武岩チューブ状溶岩。海嶺軸火山帯の稜線に並走する断層 (第206潜航, 水深4,887m)

Photo 2 Elongated tubular basalt lavas flowed down on the fault scarp parallel to the ridge crest of neovolcanic zone in WMARK-RTI area. "Shinkai 6500" Dive 206, 4,887m water depth)



写真3 海嶺・トランスフォーム接合部の断層谷底で観察された円筒状小孔。直径約20cmの円孔内部に縞状構造が見える (第206潜航, 水深4,970m)。

Photo 3 Laminated sediments are observed in a 20cm-diameter cylindric hole at the WMARK-RTI channel. "Shinkai 6500" Dive 206, 4,970m water depth)

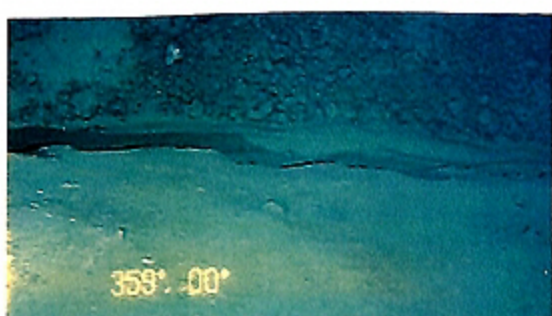


写真4 トランスフォーム谷北壁の傾斜変換線付近で遭遇した逆向きの低断層崖と細長い溝状凹地 (第209潜航)

Photo 4 Reverse facing scarp and narrow trough along active transform at West MARK area. "Shinkai 6500" Dive 209, 4,337m water depth)

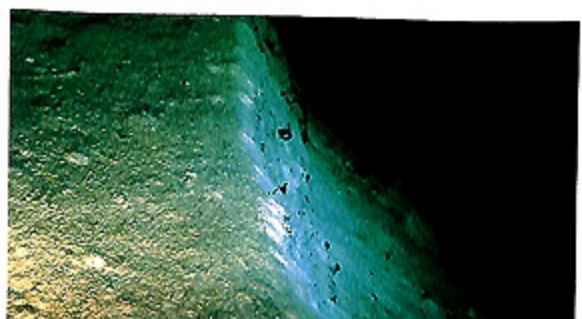


写真5 低断層崖頂部。平坦面が断層で切断され、右側が溝状凹地となっている。(第209潜航, 4,337m)

Photo 5 Uppermost part of the flat-topped scarp of active transform fault. To the Right-hand side is the narrow trough. "Shinkai 6500" Dive 209, 4,337m water depth)

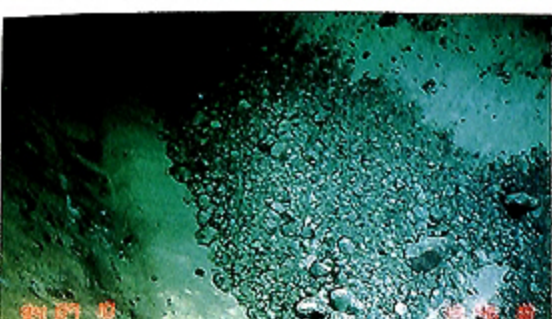


写真6 低断層崖下部と溝状凹地北側壁の崖壁。逆向き低断層崖には赤褐色や緑色が斑状にまじった白色のカウジが露出し、崖の基部に右横ずれの変位センスを示す内部構造が観察される。(第209潜航, 4,337m)

Photo 6 Lower part of the same fault scarp as shown in Photo 5. Fault gouges (left-bottom) display a right-lateral strike-slip faulting. "Shinkai 6500" Dive 209, 4,337m water depth)