



TITLE:

フォッサマグナ オラーコジン説について

AUTHOR(S):

志岐, 常正; 立石, 雅昭

---

CITATION:

志岐, 常正 ...[et al]. フォッサマグナ オラーコジン説について. 月刊地球号外 1991, 3: 106-112

ISSUE DATE:

1991

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/264044>

RIGHT:

発行元の許可を得て登録しています.; 許諾条件により非表示の部分が  
あります.



## SYMPOSIUM

上田誠也教授退官記念論文集  
— 活動的縁辺域 —

# フォッサマグナ オラー コジン説について

志 岐 常 正

しき つねまさ

京都大学理学部地質学鉱物学教室 教授

立 石 雅 昭

たていし まさあき

新潟大学理学部地質学鉱物学教室 助教授

編集部

原稿受理：1990年11月9日

北部フォッサマグナは1種のオラーコジンとみることができる。

## 1. はじめに

先に Tateishi (1988) は、新潟堆積盆地の発達史を論じた中で、フォッサマグナをオラーコジンとみる考えに触れた。また、1990年地団研総会シンポジウムでも、この説に関する問題を論じた。本稿では、志岐の意見を加えてこの問題を論じてみたい。活動的縁辺域における1つの現象を論ずることになると考える。

## 2. オラーコジン

オラーコジンという述語は、もともとソ連の Shatski (1946) によって、“地向斜またはそれから生まれた造山帯から、クラトンに入り込んだ細長い溝状の断層盆地”に対して与えられたものである。しかし、プレートテクトニクスが現れて後、次のような再定義と説明がなされ、現在これが広く知られている。

マントルホットスポットの上の大陸にドームが生まれ、さらにこれを割って3本の腕に別れたりリフト系ができる。そのうち2本は開いて中央海嶺をもつ海になってゆくが、1本は開かずにとり残され、海へ向かって地形的に開口した堆積盆となる。これがオラーコジンである。オラーコジンには大陸から物質を海へ供給する河川が生まれるだろう。しかし、もし海洋の向かい側の大陸が何かの原因で接近・衝突してくれば、海洋に堆積した地層は（大陸の下に沈み込まない限り）おし縮められ、褶曲山脈をつくる。こうなるとオラーコジンは一転して褶曲山脈から供給される物質を、それまでとは反対の方向に運ぶ通路となる (Bird and Dewey, 1970 ; Burke and Dewey, 1973)。

典型的な場合には、3本の腕のなす角は $120^\circ$ である。しかし、もちろん自然は常には典型的でない。たとえばホットスポットの上の大陸が静止していないならば、その上の地殻の盛りあがり細長くなり、リフト系も互いに鋭角に交わる場合や、並行的に並ぶ場合が現れる。他の2本の腕に対し

て120°の角度をなしていたか否か、海洋から直角に大陸の中に入っているか斜めに入っているかは、ある堆積盆をオラーゴジンと見なせるか否かを定める本質的なチェックポイントではない。重要なのは、それが開きそこなったりフト (failed rift) であること、海に向かって開く、その付近での主要な運搬・堆積盆 (溝) であることである。

オラーゴジン様の運搬・堆積溝状地形は、ドームの割れ以外によってもつくられうる。Sengör (1987) は、延びて行きつつあったリフトの先がトランスフォーム断層で横断されてから活動を止め、リフトの他の部分だけが開いて海をつくった場合や、テンションによる裂け目 (Gashes) が同様に切られた場合その他を挙げて、これらをオラーゴジンに含めている。こうなると、オラーゴジンの定義はずい分幅広い。

なお、オラーゴジンには非常に厚い地層が形成されうる。深い裂け目 (リフト) が堆積物で充填されるのであるから当然のことである。オラーゴジンに限らず、拡大しそこなったりフト (failed rift) 一般にそれは言える。

### 3. 日本海と“グリーンタフ地域”のリフト形成

前節で、多くの人々が熟知しているオラーゴジンの定義についてくどくどと記したのは、以下で北部フォッサマグナがこの定義に外れていないことを言いたいからである。それにはまず、近年飛躍的に増大した、日本海の地史に関する情報、知識を大まかに時代と事件を追って概観しなければならない。

日本海の新海盆の形成がリフト系の発生にはじまるということは、今日、多くの人々の常識的な考えになっているようにみえる。そうとすれば、リフト系形成の前には、広範な隆起があったことも一般に受け入れられるところであろう。この考えは、日本海周縁の広範な地域における古第三系海成層の欠如、陸上火山活動の証拠、堆積盆のある場所での地層形成の厚さなどにより裏づけられていると言えよう。

この広範隆起やリフト系発生が、前記大陸内部のホットスポットの場合と同様、深部からのマントルアセノスフェア上昇・貫入に係りして起こったとする (たとえば、沢田, 1990) ことも、無理な想定ではないと思われる。

能田ほか (1989), Tatsumi ほか (1989) などの岩石成因論的考察によれば、30–24 Ma にアセノスフェアの上昇・貫入があり、これが太平洋プレート沈み込み角度の急増や、その後 (21–14 Ma) の日本海背弧海盆形成をもたらした。ただしこの議論では、貫入の場所は現日本海より内陸の中国東北部を中心とする広い範囲とされている。この点に関しては、大和海嶺の岩層の検討が必要であろう (ソ連のベレセネフ・クラスヌイ, 1984 の地質図では、ここにみられる火山性岩石の一部を漸新世–前期中新世のものとして判定している)。

深海掘削の結果によれば、現日本列島と大和堆の間に、アルカリ性火山活動を伴って、リフトグラベンが形成されたのは19 Ma より前である。続いて19 Ma 前後に急激な深海化とともに海盆拡大がはじまり、15 Ma 頃にはそれが停止した (Tamaki *et al.*, 1988; Leg 127 & 128 Shipboard scientific parties, 1990)。

日本海盆に関しては、掘削が行われた今も、中期中新世以前のことがあまりよくわからない。掘削コアを比べる限り、玄武岩層直上の堆積物の時代が1.5 Ma ほど遅れるものの、それ以後の地史は大和海盆とほとんど同じとみられる。この点から類推すれば、その以前の地史、たとえばリフト発生も、大和海盆のそれと時期的に幾分ずれることはあっても、大きくは変わらないであろう。そもそもリフト系というものは、同一リフト内でも、最初に発生したところと延伸部とでは時代が違うものなのである。

この時期 (前期中新世–中期中新世はじめ) には、大和海盆よりさらに外側 (東側) の地域も引張圧力場に入り、グリーンタフのハーフグラベンの形成が始まっている (山路・佐藤, 1989)。

中新世における東北日本、西南日本の回転に関する古地磁気方位の研究の結果はよく知られてい

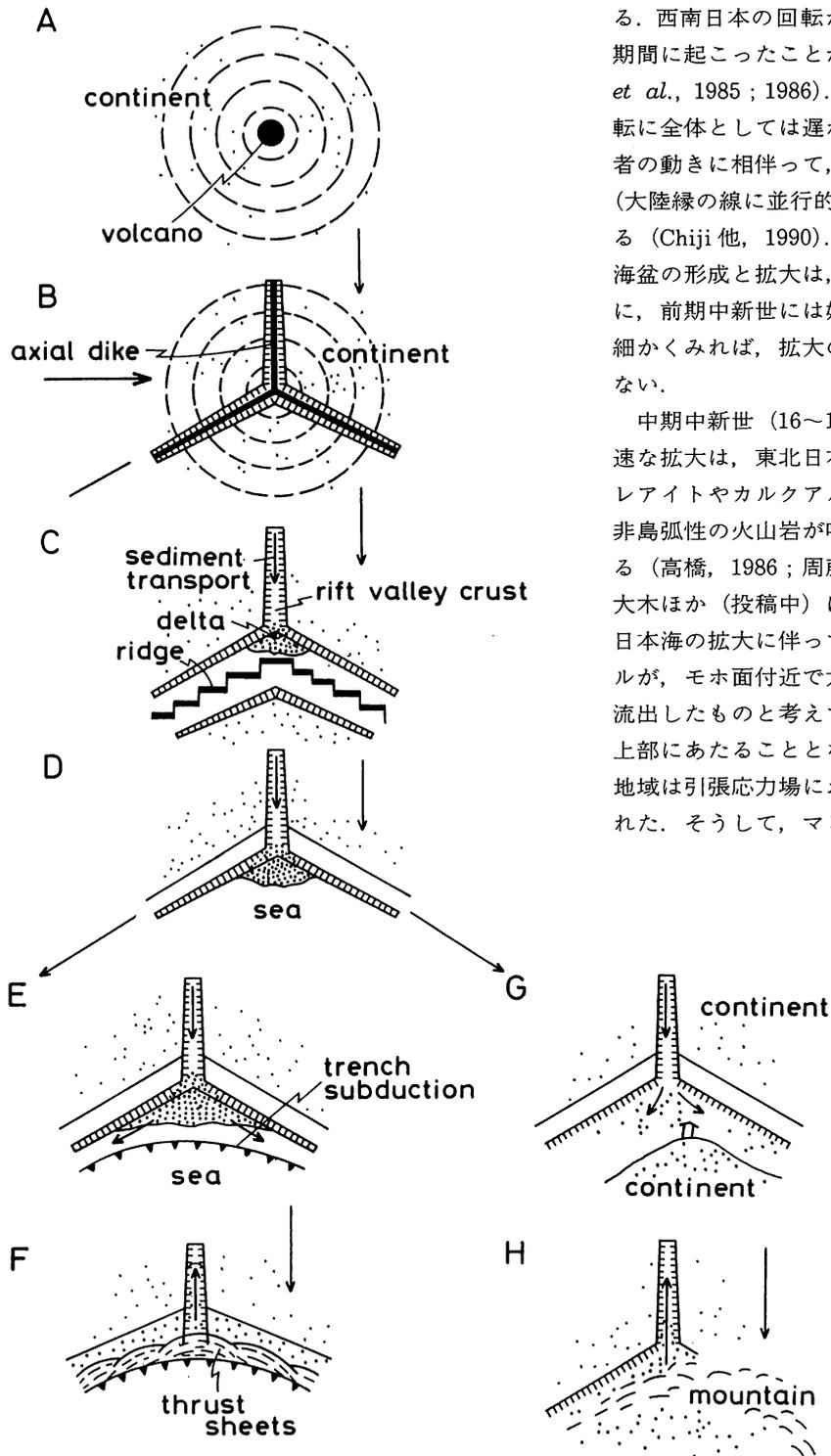


図1 大陸内部でのリフト系発生、オラーゴジン形成モデル。Burke and Dewey (1973) が三重点の説明のために画いた図を改変。太い矢印は時間的経過，リフト・オラーゴジン内の細い矢印は堆積物運搬方向を示す。

る。西南日本の回転が、およそ 16~15 Ma の短期間に起こったことが主張されている (Otofujii *et al.*, 1985 ; 1986)。この回転は、東北日本の回転に全体としては遅れているようにみえるが、後者の動きに伴って、前者もその時期に南南西に (大陸縁の線に並行的に) シフトしたと考えられる (Chiji 他, 1990)。そうだとすれば、日本海の高盆の形成と拡大は、深海掘削の結果の示すように、前期中新世には始まっていたと考えられる。細かくみれば、拡大の時相は複数であるかも知れない。

中期中新世 (16~14 Ma あたり) の日本海の急速な拡大は、東北日本弧のこの時期の (島弧性ソレイトやカルクアルカリ系列の火山岩とともに) 非島弧性の火山岩が噴出することにも反映している (高橋, 1986 ; 周藤, 1989 ; 土谷, 1989 など)。大木ほか (投稿中) は、この非島弧性の火山岩は、日本海の拡大に伴って上昇するマンテルダイアピルが、モホ面付近で太平洋側に傾くように流動し、流出したものと考えている。マンテル上昇流の直上部にあたることとなったところ、たとえば青沢地域は引張応力場におかれ、やがて地溝が形成された。そうして、マンテルダイアピルに直接由来

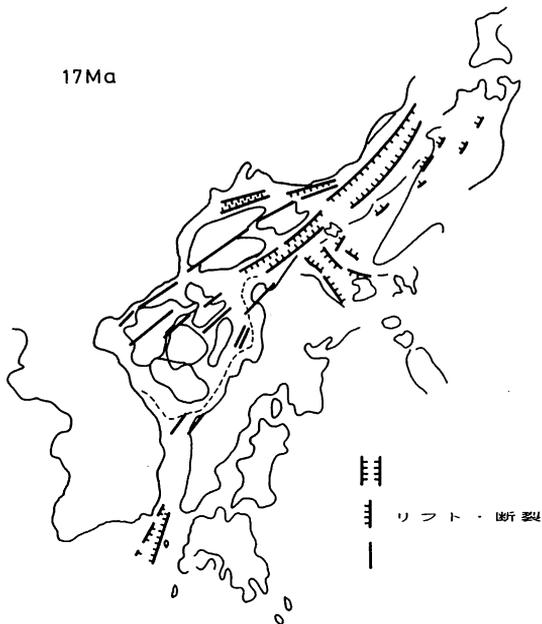


図2 ユーラシア大陸東縁におけるリフト系の発生。17 Ma 頃の状態を示す。現大陸内については省略。陸地塊位置復元は Chiji・IGCP - 246 (1990) の図を基礎に一部改変。日本海西半分の一部についてのみ現大陸棚を記入（細破線）。

する玄武岩マグマ、およびそれから分化した中～酸性マグマが流出した。

青沢地域を含めて、秋田－山形などの東北日本背弧域の油田地帯とその周縁の火成活動や構造運動の諸特徴には、大陸内部の active rift や背弧拡大地域の諸特徴と類似点が多い。その活動場の規模は、個々のものに関してみれば、日本海海底にみいだされたいくつかの failed rift とほぼ同じである（土谷，1984）。両地域間の大きな違いは、東北日本弧ではリフトがその後ほとんど拡大しなかったことにある。ただし、前記、日本海掘削の結果と比較すれば、東北日本の方が、リフトの形成が現日本海域よりも少し遅れる傾向があるように思われる。

マントルダイアピルの上昇、リフティングなどの火成活動、構造運動史は、山陰地方中部においてもよく研究されている。ここでは約 29－24 Ma の火成活動の微弱期または休止期が知られており、これを境に、その前後で火成岩の諸性質が大きく

変わる。ともあれ、マントルダイアピルの上昇は、後期古第三紀（休止期以前）にすでに始まっており、日本海拡大に関連した火成活動は遅くとも 20 Ma 頃に始まっていたと考えられる（沢田，1990）。

#### 4. 北部フォッサマグナ オラーコジンの復元

では、フォッサマグナの火成活動、構造発達史などを上記各地のそれらとの関連でとらえるならば、どうなるであろうか。

簡単に言えば、北部フォッサマグナの地史は、秋田－山形などの地域のそれと共通するところが多く、似たもの間の違いが問題であるのに対して、南部フォッサマグナの地史はこれと大きく異なっている。

秋田－山形など、グリーンタフ地域の他の堆積盆と同様に、北部フォッサマグナにおいても、古第三紀から前期中新世の火山活動を引き起こしたマントルの上昇と地殻表層部の隆起、引張応力場での断裂（リフト）の形成、断裂に沿う火山活動と、引きつづく堆積盆の拡大・沈降というモデルが想定される。このような地溝状堆積盆を、リフトととらえることに異をとなえる者はほとんどないであろう。

こうしてできた深い（水深も大）海に、南から軸流混濁流が流れ込み、またやがては西側の隆起する山地から（また一部は東から）、碎屑物が供給された（Suzuki, 1982）。この意味において、北部フォッサマグナのこの地溝は、拡大できなかった failed rift であるだけでなく、オラーコジンである。

では何故に北部フォッサマグナ リフトは拡大することなくオラーコジンになったのだろうか。

北部フォッサマグナに限らず、グリーンタフ地域のリフト一般が拡大できなかったのは、それがあまりにも海溝沈み込み帯に近かったからであると考えられる。もともと東北日本グリーンタフ地域のリフトは、現日本海の内海盆のはじめのリフトと異なり、隆起ドーム上の放射状開裂の性格をほ

とんど持たず、沈み込みの方向に支配されて配列したと思われる。15 Ma 頃の東北日本の断面が、おそらく、背弧にスミスリフトをもつ現在の小笠原弧の断面に似たものであったろうことは、藤岡 (1983)、藤岡・北里 (1983) などによって指摘されている。スミスリフトは、島弧断面線上的もっとも盛り上がったところに位置しているのである。

大洋プレートの沈み込みの性格が、よりマリアナ型から少しでもチリ型に変われば、——おそらくそれは、マントル物質が少しでも地表に流出することによる沈み込みプレートへの圧力の減少と関係があるだろうが——このようなリフトは圧縮・上昇場に位置することになり、簡単に発展をやめるに違いない。

同様なことは北部フォッサマグナについても言えるが、多少違ったところがある。それは1つには、現在北部フォッサマグナが南部フォッサマグナとともにフォッサマグナという1つの構造単元をなしているようにみえること、他の1つは、そのフォッサマグナが日本弧を横断し、海溝と高角に交わっていることにある。

このような現在の状態については、最終的には、うんと後の糸魚川—静岡構造線の形成が決定的な役割を果たしているわけであるが、それより前の過程にも要因がある。

この問題の検討には、フォッサマグナとその周縁の屈曲前の古地理、古地帯構造をどう復元するかが関係している。屈曲を復元せずに北部フォッサマグナ内の地層をその褶曲前の状態に戻し、かつ糸魚川—静岡構造線に沿う引きづり変形を復元すれば、地層の分布トレンドは、秋田—山形の東北日本グリーンタフの地層の分布の延長方向にほとんど近くなってしまふ。つまり、フォッサマグナ リフトは、当初、現日本海の中心の方から“放射”状に出ていたリフト系の1つの腕としてでなく、グリーンタフリフト群の一部として、その延長上につくられたのかも知れないという疑いが生ずる。

しかし、実は上述の“復元”で扱われるものは

形成以後のリフトとその堆積物である。フォッサマグナとその周縁の屈曲前のリフト初生の頃 (15 Ma 以前) に戻して考えれば、このリフトはやはり“放射型”のものに近い方向を向いていたことになると思われる。

おそらくは、このリフトは他のグリーンタフ域のリフトと異なり、当初、大陸の、より内側を中心とする多少とも放射状に展開した開裂リフト系の1つの腕として発生した。その後 (15 Ma の頃)、東北日本と西南日本の方向を異にする回転によって、その間の割れ目として開口し直したものと考えられる。ただし、この最初の開裂は、糸魚川—静岡構造線 (とくにその南部) には関係がない。西南日本の地体構造は、ほぼ真直ぐに関東山地などに続いてきたからである。

近年、フォッサマグナとその周縁地域の古地磁気学的研究が進展し、その地域の地体構造の屈曲が、西南日本一般の回転の時期とわずかに遅れて15~12 Ma の頃起こったことが明らかにされるに至った (Itoh, 1990)。そうとすれば、南部フォッサマグナの15 Ma 以前の岩層のかなりの部分は、むしろ四万十帯の構成物とみなされなければならない。そして、たとえば丹沢の地塊は、志岐の予想するところでは、伊豆—小笠原弧の要素だけでなく、一部に四万十帯の南縁を限る潮岬“前弧”火成岩類と共通する要素を含むに違いない。

フォッサマグナとその周縁の地殻の屈曲は、Itoh (1990) の言うとおりの、伊豆—小笠原弧の衝突による ductile deformation ととらえるのが自然であろう。この衝突によってフォッサマグナリフト (フォッサマグナ北部からはみ出すので、北部の文字を削った) の南部の堆積層は圧縮され、間もなく水面上に現れて山地をつくるに至った。この山地から、碎屑物が北に向かって、すなわち軸流方向に運搬・供給され、北部フォッサマグナの failed rift を埋めていった。これすなわち北部フォッサマグナ オラーコジンの形成である。

もちろんこの埋立てが進行し、新潟平野の沖積扇状地をつくるようになるのは、伊豆—小笠原弧 (棒) の衝突圧力が強まって古い基盤岩さえも露

出するに至り、さらにフィリピン海プレートの運動と伊豆-小笠原“棒”衝突の方向が変わって中部山岳が高く聳える第四紀のことである。

一般に、現グリーンタフ地域内のリフトはもとより、現日本海の内海盆に発達したものをさえ含めて、これらリフトがなぜ、どのような方向を向いて、どの程度放射状になったり、並行的に配列したりしたかは、1つには太平洋やフィリピン海プレートの動きと、それに関係する横圧力の発達、分布状態にかかっている。これが、大陸内で地殻を割り、放射状に腕を伸ばして形成され、プレート三重点を形成する型のリフト系と、同じようにホットスポット（あるいはホットリージョン）のマンタル物質ダイアピル上昇に関係しながらも、型の異なる大陸縁辺リフト系との違いが生ずる1つの要因である。またもう1つの可能性として、このような放射型でないリフト系の形成にはダイアピル上昇体の形や移動がからんだことが考えられる。東北日本と西南日本の回転時期が違つたとすれば、このような移動が関係しているかも知れない。もちろんこの2つの要因は互いにかみあつたものでありうる。

ともかく、フォッサマグナ リフトが当初どの方向に伸びていようと、北部フォッサマグナが第1節で記したオラーゴジンの定義に反しないことは、もはや繰り返すまでもないであろう。

## 5. フォッサマグナ オラーゴジン形成史

第4節でいろいろな資料を検討した。これらは未だ完全には互いに整合的でないが、日本海とフォッサマグナ オラーゴジンの形成史について、以下のようなシエーマを画くことは差し支えないように思われる。

1) 23 Ma より前に、マンタル・アセノスフェアの上昇、貫入があり、現日本弧や日本海中の大陸地殻断片を含む広範な地域の地表がドーム状（あるいは、やや細長い形のドーム状）に隆起した。

2) その結果、地殻を放射状および大陸縁に並行的に割る開裂が生じ、さらにリフト化した。マ

ントル物質がここから地表に流出した。

これらのリフトの中に、現グリーンタフ地表のリフト群と、フォッサマグナ リフトがあった。

3) これらのリフトのうち、より内側のものは、その後、開いて日本海の内海盆をつくった。これに関係して、22-15 Ma の間に東北日本は反時計廻りに回転し、西南日本は並行移動した。また15 Ma 前後には、西南日本の急速な時計廻り回転が起こった。グリーンタフ地域やフォッサマグナのリフト トラフも、むしろこの時期にあらためて深化している。

4) しかし、15 Ma を過ぎると、多量のマンタル物質が流出してしまつたからか、太平洋プレートとフィリピン海プレートの沈み込みの状況が変わり、グリーンタフ域のリフトは拡大に“fail”し、またフォッサマグナ リフトも、伊豆-小笠原“棒”の衝突によってオラーゴジンに変わった。

5) Failed rift やオラーゴジンには、多量の碎屑物の供給によって石油を胚胎する厚い地層が形成された。

6) ついでながら触れておくと、failed rift やオラーゴジンの石油胚胎には、厚い地層の存在だけでなく、それが元々リフトであつたことに関係する深部からの熱の供給が関係している。このような例は、世界的に多く知られている。

## 6. おわりに

1) 北部フォッサマグナはオラーゴジンの定義に合致する。

2) 北部フォッサマグナ オラーゴジンの形成は、大陸縁辺部でのマンタルダイアピルによって形成された放射状開裂型リフトにはじまる。それは東北日本と西南日本の逆方向の回転によって、もう一度開き直したあとにオラーゴジンとなつた。

3) 北部フォッサマグナ オラーゴジンは、リフトが海洋プレート沈み込みに関係して圧縮応力場に置かれて発展できなかったものという点では、グリーンタフ地域のリフト群と同じである。このようなことは、大陸縁辺リフトでは、しばしば起こりうる。

4) しかし、北部フォッサマグナ オラーコジンは、伊豆-小笠原“棒”によって、延長方向から衝突されてオラーコジン化したという点では特異なものである。

本稿を草するに先立って、筆者らは多くの方々にフォッサマグナ オラーコジン説のなり立ち可能性について意見を求め、肯定的な答えを得て力づけられた。鳥居雅之氏には原稿の一部を読んでいただき、教示を得た。図の作成には入野健志氏の協力を得た。記して厚く御礼申し上げる。

#### 参考文献

- [1] ベレセネフ, E.E., L.E.クラスヌイ : 1/250 万日本海地質図 (1984), 露語.
- [2] Bird, J.M. & J.E. Dewey : Geol. Soc. Am. Bull., 81, 1031-1060 (1970).
- [3] Burke, K. & J.F. Dewey : J. Geol., 81, 406-433 (1973).
- [4] Chiji, M. & IGCP-246 National Working Group of Japan : In, Tsuchi, R., Pacific Neogene events, Univ. Tokyo Press, Tokyo (1990).
- [5] 藤岡換太郎 : 鉱山地質特別号, 11, 55-68 (1983).
- [6] 藤岡換太郎, 北里洋 : 月刊地球, 5, 447-452 (1983).
- [7] Itoh, Y. : Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., 55, 27-56 (1990).
- [8] Leg 127 & 128 Shipboard Scientific Parties : Nature, 346, 18-20 (1990).
- [9] 能田成, 巽好幸 : 科学, 59, 534-542 (1989).
- [10] 大木淳一, 安斎憲夫, 周藤賢治 : 地球科学 (投稿中).
- [11] Otofujii, Y., T. Matsuda, & S. Nohda : Nature, 317, 603-604 (1985).
- [12] Otofujii, Y., T. Matsuda, & S. Nohda : J. Geomag. Geoelectr., 38, 287-294 (1986).
- [13] 沢田順弘 : 地団研 44 回総会シンポジウム要旨集, 41-49 (1990).
- [14] Sengör, A.M.C. : In, Seyfert, C.K. (ed.) The encyclopedia of structural geology and tectonics, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 18-24 (1987).
- [15] Shatski, N.S. : Izvestiya Acad. Nauk USSR, Geol. no. 1, 5-62. In, Bates, R.L. & J.A. Jackson : Glossary of Geology, 3rd ed., Am. Geol. Inst., Alexandria, (1946).
- [16] 周藤賢治 : 地球科学, 43, 28-42 (1989).
- [17] Suzuki, K. : Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., 48, 1-42 (1982).
- [18] 高橋正樹 : 科学, 56, 103-111 (1986).
- [19] Tamaki, K. : Bull. Geol. Surv. Japan, 89, 269-365 (1988).
- [20] Tateishi, M. : J. Paleont. Soc. Korea, 4, 21-29 (1988).
- [21] Tatsumi, Y., Y. Otofujii, T. Matsuda, & S. Nohda : Tectonophysics, 166, 317-329 (1989).
- [22] 土谷信之 : 地調月報, 35, 438-439 (1984).
- [23] 土谷信之 : 地質雑, 94, 592-608 (1989).
- [24] 山路敦, 佐藤比呂志 : 地質学論集, no. 32, 339-349 (1989).