

講演要旨*

プレートテクトニクス概論および本州 弧のネオテクトニクスに関する問題点

垣見 俊弘

1. プレートテクトニクス概論

プレートテクトニクス (以下 P. T. という) の提唱者の一人、D. P. MCKENZIE 自身の述べるところによれば、P. T. (または The New Global Tectonics) の基本原理は次の2項につきる。すなわち、

1: 地震の活動しているところが、プレートの active な境界である。境界は、プレートの生産されるところ、消滅するところ、および互いにすれ違うところの3種に分けられる。

2: プレートは、境界以外は第1近似として剛体的に扱うことができる。

そして、従来の構造論と根本的に異なる点も次の2つである。

a: 全地球が lithosphere からなるプレートで覆われている。プレートには大陸と大洋の区別はない。

b: プレート間の動きは、球の上の剛体的回転として、相対的に扱われる。

P. T. 仮説のもとになったデータは、おもに地震学および地磁気学的な観測データである。P. T. はこれを、大陸移動、海底の更新、およびトランスフォーム断層という概念と結合させた仮説といえるであろう。

P. T. がかかえている問題点は多数あるが、ふたたび MCKENZIE の言を引用するならば、P. T. が未だ万人を納得させる地球像となっていないのは、主として、次の2点であるという。

i) P. T. はおもに現在の地学現象から発想された仮説である。中生代までにさかのぼることはできるが、Pangea 以前について P. T. は何もいっていない。中生代以前に P. T. を適用するのは、齊一説に基づくものである。

ii) メカニズムについては何もいっていない。暗黙のうちにマントル対流を仮定しているが、そうでなければならぬ必然性はない。

演者も同感であるが、さらにつけ加えるならば、P. T. はその発想のいきさつからみても、やはり“海のテクトニクス”的な色彩が強く、大陸内部や造山帯の発達史については P. T. の発言権は少ない、といえるであろう。

現在、洪水のように出ている P. T. に関する論文の少なからぬ部分は、これらの問題を扱ったものである。この中には、同じ P. T. に基礎をおきながら異なった結論に達しているものもあり、多くの論争もこの範囲で行なわれている。

P. T. に対する反論といわれるものも、大部分は、上述の問題点を解決するために出された解釈や新しい概念に反対するものである。P. T. そのものに反論するためには、やはりその基本になった地震学的・地磁気学的なデータに対して、別の納得のゆく解釈がなされねばならないが、それはまだ出現していないように思われる。演者は、P. T. は世界像としては未だ不完全であるが、地球の発生から現在までをメカニズムを含めて統一的に説明する another Global Tectonics へと止揚される過程での“特解”としては、有力な仮説であると考えられる。

2. 本州弧のネオテクトニクスに関する問題点

本州弧の新第三紀から第四紀にかけての構造運動を見ると、第四紀の前期から中期あたりに、大きな変動があったことが各地で知られている。この変動は、西南日本に典型的で、六甲変動と呼ばれている。藤田至則(1970)の提唱する島弧変動や、杉村(1967)の、活断層・活褶曲の継続期間が大体 100万年前以降であるという主張もこれに当たる。しかし、この変動の様式は東北日本と西南日本では大きく違っていて、前者においては新第三紀の構造方向と平行的、“継承的”であるのに対し、後者では、それ以前の構造方向とは大きく斜交し、“変革的”である。南関東においても、この時期に、造構応力の方向に大きな変化があり、この限りでは西南日本的である。

P. T. の立場からは、このような地殻変動とその様式の変化は、プレート間の相対運動になんらかの変化(運動の方向と速度の変化、境界の移動など)が生じたためであると解される(ただし、別な解釈も可能。たとえば中村, 1970)。この意味で、金森(1971)や FITCH ら(1971)の解釈、すなわち、南海舟状海盆(=西南日本海溝)が、ごく新しい時期に発達しはじめた subduction boundary であるという説は注目される。しかし、この解釈についても、ネオテクトニクスのうえから、いくつかの克服すべき問題点がある。

南部フォッサマグナ地域の構造については、MCKENZIE (1969)のいう TTT 型の tripple junction の問題としてら考えることができる。この型の junction では必然的

* 昭和47年3月23日本所において開催。

に、海溝と内帯の諸現象が交叉する所が生ずるはずである。これが伊豆付近であるとし、これと3つのプレートとの相対運動を考えれば、伊豆半島を中心とする地域の地形的・地質的諸特徴は、ある程度までうまく説明できそうである。(地質部)

中部日本のネオテクトニクス

木村 政昭

伊豆海嶺、相模トラフに重点をおき、地形学的な作業を中心として、従来の重力、磁力、音波探査等のデータと、陸上および周辺海域で得られた地質学的なデータをもとにして地質構造図を作った。未だ予想図の域を出るものではないが、それにより次の3つの変動が区別された。古い方から、

- ①古第三紀から新第三紀初期までの変動……(メソテクトニクス)
- ②新第三紀からの島弧につながる変動
- ③後期洪積世から現世の北西-南東の圧縮テクトニクスにつながる変動……(ネオテクトニクス)

である。

①は、蛇紋岩の貫入等によって特徴づけられる変動であって、これより後の変動をネオテクトニクスとしてあつかう。

②は、グリーンタフ変動から第四紀火成活動に至るまでの伊豆海嶺方向に島弧的配列をもたらした変動である。現在、大局的には、第四紀火山のフロント付近を中軸とした隆起帯を構成し、その東西両翼に地層や地形が傾動している。西縁は、伊豆海嶺と四国海盆との明瞭な地形界線と一致する茂木(1968)の四国海盆構造線で境されるものとする。

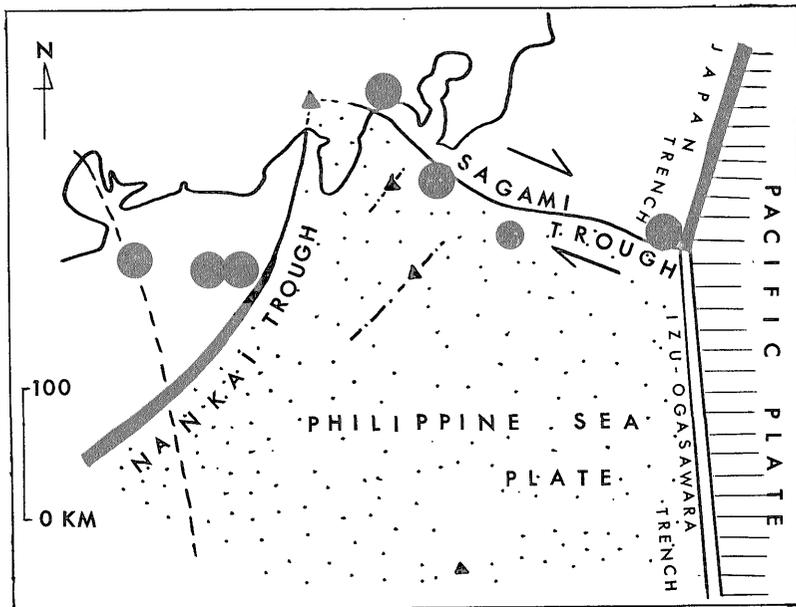
③は、第四紀火山の岩脈ののびの方向や活断層から認められる圧縮テクトニクスであるが、今回、伊豆海嶺に斜交して北東-南西方向にのびる褶曲帯の配列や相模トラフの性状から、伊豆海嶺をのせる海底全般に広域な圧縮力が働いていることが推定されるに至った。

トランスフォーム断層としての相模構造線

③の圧縮テクトニクスについて、筆者は、プレートテクトニクスを導入して説明を試みた。

i 相模トラフに平行に蛇紋岩が貫入していることや相模トラフに沿って発達する相模構造線およびそれに平行するスラストの存在から、新第三紀以前相模トラフは南海トラフから日本海溝にまで連なる古い海溝の一部を形成していたことが推定される。

ii その後、後期洪積世以降、相模トラフに相当する部分が相模構造線として右横ずれ断層としての性格を持つに至った。これは地震学的、測地学的に認められている



黒丸は巨大地震の震央、黒三角は休・活火山を象徴的に示す。一点鎖線は隆起軸、伊勢湾から南下する点線は四国海盆構造線を示し、海溝、トラフの黒太線は active な subduction zone を示す。

第1図 プレートの区分を示す図

が、今回地形・地質構造のうえからもそれを支持するデータが加えられた。

iii 地震学的なデータから、太平洋プレートは伊豆-小笠原海溝付近で折れていることが指摘されている。このため、伊豆-小笠原海溝は inactive となり、フィリピン海プレートは太平洋プレートにおされてともに一枚板のようなふるまいをすると考える。相模構造線はプレートの境界にあたり、横ずれの断層運動を行ない、南海トラフは subduction zone としてスラスト運動を行なう。本域のM~8クラスの巨大地震が東海沖の南海トラフの陸側と相模トラフ沿いのみ生じている事実はこれと矛盾しない。相模構造線は subduction zone として active な日本海溝と南海トラフを結ぶ海溝-海溝型のトランスフォーム断層とみなせる。(地質部)

安山岩の成因説についての紹介

小野 晃 司

安山岩(あるいは安山岩を主とするカルクアルカリ火山岩類)は、島弧・大陸縁の造山帯などプレートの沈みこみの場を特徴づける火山活動である。この岩類の成因については未だ基本的な見解の一致がない。

安山岩の成因説は玄武岩を本源マグマとするか、安山岩マグマが上部マントルまたは地殻下部で直接発生するかで2大別できる。玄武岩マグマを本源物質とする場合は、まずその産状から大陸地殻の混成あるいはそれを伴う分別晶出作用が考えられたが、島弧の延長方向に地殻構造が変化しても安山岩の化学的性質が変わらないとか、微量元素・同位体比などからもこれを主因とする際の不利な点があげられた。Osbornの実験は酸素分圧が玄武岩質マグマの結晶分化経路を決定する要因となること、すなわち中期に鉄が濃集するか、鉄の濃集なしにカルクアルカリ岩の経路をとるかを左右させ得ることを明らかにしたが、玄武岩に比べて安山岩の産出量が多いという量的疑問には答えなかった。

一方 T.H. Green と Ringwood は高圧実験から1)エクログイトが無水、30 kb 前後で部分熔融、2)高アルミナ玄武岩マグマが水の存在下、9-10 kb で分別晶出、3)同様の深さで角閃岩の部分熔融、などの条件でカルクアルカリ岩系の安山岩マグマができることを示し、玄武岩マグマなしでも安山岩マグマを発生させる可能性を示して注目された。それは大洋中央海嶺でマントル物質の部分熔融で玄武岩マグマが生じて海洋地殻が作られ、その海洋プレートが沈みこみによってエクログイトに転移したのち部分熔融によって安山岩マグマを生ずるという2段階モデルによるプレートテクトニクスとの結び付きや、

マントル物質から大陸地殻を生長させるモデルの可能性のべられた。

以上のように荒削りな可能性として提出されたそれぞれのモデルをいかにして検証するかが当面の課題であろう。(地質部)

花崗岩質マグマの発生と鉱床生成区

石原 舜 三

花崗岩質マグマ発生の問題は古くて新しい問題で各種の論議がつきない。かつて花崗岩化作用の時代には多くの研究者は地殻物質にマグマあるいは岩石そのものの起源を求めたが、近年では一変してマントル起源を考える人が多い。この傾向の主原因は同位体研究の進歩によりこの種の問題が定量的に扱えるようになったためであり、また海洋底拡大説やプレートテクトニクスを含め島弧の発生の問題を軸とする地殻形成史の総括的考察が側面的にこのマントル起源説の発展を助けている。

同位体手法では Rb-Sr が主にマントル起源説を支持し、Pb は必ずしもそのようでない。中生代以降の比較的著しい地質時代では大量の花崗岩質マグマは島弧の形成と密接であるが、少量のマグマは島弧的構造でない地域でも発生している。花崗岩質マグマは特定の岩石でなく、各種成分の母体から発生するものと思われる。そして世界各地の花崗岩質岩石が第一近似解としては同一組成であることは、その多くが部分熔融→熔融状態を経て固結したことを示している。

花崗岩質岩には多少とも金属鉱床が付随し、それらは花崗岩体を軸に広域的な規則的分布を示すことが多い。これは鉱床生成区と呼ばれる。これに対する説明は、“花崗岩化作用”の時代でも深所(マントル)における特定元素に富む物質からの上昇マグマでおこなわれていたほどに、深所原因説が一般的であった。

近年、花崗岩質岩と関係する火成鉱床の一典型であるポーフィリー-銅-鉛-亜鉛の成因に関して、D・O同位体などから地表近くでの塩水循環水モデルが提唱され、現在より深成の鉱床や岩石の生成に関してこの仮説の検証がおこなわれている。この考えによれば地表近くに達したマグマの周辺で、熱とマグマ自身の揮発性成分とが地表水をまき込み循環熱塩水を生じ、この塩水が周辺のメタルを溶解・運搬し、特定の所に沈殿せしめる。つまりマグマは深所、メタルはきわめて浅所起源である。

この仮説にとってマグマは起源でしか有りえない。鉱床生成のような特定元素の特定地域内分布は地殻物質表層部の Cl 分布やメタル分布で決まる筈である。しかしそのような追試は今後の課題で、現時点では特定メタル

を含む揮発性成分に富むマグマ+循環塩水からのメタルの添加で、鉱床生成区は説明されるのであろう。

(鉱床部)

日本の新第三紀鉱化作用と プレートテクトニクス

鉱床部 佐藤 壮郎

造山帯の超苦鉄質岩の特徴と成因

平野 英雄

造山帯や構造帯にそって帯状に分布する超苦鉄質岩は、一括してアルプス型超苦鉄質岩とよばれ、構成鉱物の組合せやその容量比、化学組成などがほぼ一定であるとする見方から、成因までもどちらかという同一視されてきた。しかし、ここ10年ほどの間に、超苦鉄質岩に関するデータの集積により、産状や構成岩石などの特徴にもとづいて、“アルプス型”のなかから、“高温型”と“zoned type”の変種が区別されてきている。前者はレルゾライト、ダナイトからなり、周囲の岩石に高温の熱変成作用をおよぼして、その名の由来となっている。構成物質はかなりの高圧下の平衡状態を保っており、高温の、しかも固体状態で現在の地質環境に貫入したと考えられている。後者は、ウェールライト、ダナイトを中心に、輝石・角閃石岩が同心円的にとりかこんでいる小岩体で、現在の位置にほぼマグマの状態で貫入し、分化・固結したと考えられている。

この2つのタイプ以外のものが、古くからいわれてきた典型的なアルプス型超苦鉄質岩の特徴を、おおよそ備えている。しかし、これらの“アルプス型”のものについても、親石元素が乏しく、岩体内部には、鉱物の量比が異なる層状構造が次第に明らかにされてきており、少なくとも一度は熔融相の存在下で分化したと思われる。したがって分化作用が生じた時期・場、および現在の地質環境にもたらされた過程が問題となる。

STUEBER・MURTHY (1966) は、アルプス型の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が玄武岩や、玄武岩中の超苦鉄質包有物よりも高く、しかもマンツルの Sr 進化線と交わらないことをみいだした。そして、その説明として、アルプス型超苦鉄質岩は、大陸地殻物質がぬけだしたマンツルからの上昇破片であると考えた。BONATTI (1971) はこの考えを、大西洋中央海嶺からドレッジされた高い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比をもつ超苦鉄質岩に適用し、大西洋海嶺下に、かつての大陸を生みだしたマンツルの断片が残留していると考えた。

ところで、Sr 同位体のデータを検討してみると、lay-

ered intrusion のなかにも、アルプス型と同じような高い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が測定されている。したがって、この比が高いアルプス型のすべてが、一概に大陸地殻物質のぬげがらとはいえないが、ここでは、その比が 0.708 程度より大きな値をもつものを「陸型 (大陸地殻となる物質がぬけた)」, それ以外を「海型」とよぶことにする。前述の zoned type は海型で、高温型のあるものは陸型である。

海の超苦鉄質岩は、海嶺 (陸型と海型の両方) 以外に、プエルトリコ海溝からもドレッジされており、蛇紋岩化作用を考えると海溝のものは海型をしめすようである。St. Pauls Rocks の超苦鉄質岩はすべて海型の Sr 同位体比が得られている。

キプロス島、ニューギニア島パプア、ニューカレドニアなどのアルプス型超苦鉄質岩は周囲の苦鉄質岩とともに、水平移動によって海洋地殻が押し上げられたものといわれている。このうち、パプアの超苦鉄質岩の Sr 同位体比が測定されているが、海型をあらわして産状と一致している。

日本の変成帯に産する超苦鉄質岩については、RGPI (1967) によって、変成帯ごとに、化学組成、鉱物組成などに系統的な差異がみいだされ、ウェールライト (みかぶ緑色岩分布地域を含む三波川帯)、レルゾライト (日高帯)、ハルツバージャイト (神居古潭帯、三群帯、舞鶴帯) の3つの系列にわけられている。

みかぶ緑色岩分布地域の超苦鉄質岩は、産状・構成岩石種・化学組成から、zoned type と判断され、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比も低く、みかぶ緑色岩 (の一部) にもなわけてマグマの状態で貫入したと考えられる。

秩父帯の超苦鉄質岩は、シルル紀層・寺野変成岩・三滝火成岩の分布地域 (黒瀬川構造帯) に露出し、白亜紀層を押し上げている。その産状から、垂直方向の固体貫入 (=陸型) と考えられる。この構造帯と同様の変成岩をとまなう例として、舞鶴帯の超苦鉄質岩が知られており、Sr 同位体比は陸型をあらわしている。

神居古潭帯の超苦鉄質岩は、その規模 (露出面積) が大きく、苦鉄質岩に対する割合も大きい。さらに、舞鶴帯のような基盤の岩石をとまなっていない。したがってこの変成帯の超苦鉄質岩は、海型 (海洋地殻~マンツルの断片) の可能性が考えられる。(鉱床部)

地角斜玄武岩と秩父地角斜

田中 剛・服部 仁

化学組成からみて本邦古生代地角斜玄武岩は海洋地域の玄武岩に類似し、とくにみかぶ型地角斜玄武岩は海嶺や紅海の深海性ソレイライトに酷似する。地域的にはみ

講演要旨

かぶ型地向斜玄武岩噴出帯を中軸とし、その両翼に美濃型地向斜玄武岩が分布しており、それら2つの地向斜玄武岩には次のような明確な差異がある。

③美濃型のもは TiO_2 に富むアルカリ玄武岩が多く、みかぶ型のもは MgO , CaO に富み Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Rb , Sr , U に乏しいソレリアウトが多い。

④みかぶ型のものにはとくに K/Rb が500以上のものが多い。

⑤希土類元素存在度パターンはみかぶ帯のもは固体型を示すが、美濃型はほとんどの岩石が液体型を示す。

これらの岩石は Sr 87/86 希土類元素存在度パターンの計算からいずれも上部マントルに由来すると思われるが、このような特徴ある地域分布は紅海などにおける地域分布に類するものである。

さらに

①以上のように2種類の地向斜玄武岩の分布に明確な差があること。

②紀伊半島、北上地方で火成岩の化学組成が時代とともに系統的に変化していること。

③単一岩体内で希土類元素存在度に大きな分化がみられること。

④地向斜玄武岩の変質は現在のプレートに乗った深海性ソレリアウトに認められている変質とは異なり、海水との接触は長くなかったらしい。つまり、噴出後短期間に堆積物に覆われたと思われること。

このようなことから本邦古生代地向斜玄武岩はプレートののきものに乗って海溝あるいは地向斜内に運び込まれたものではなく、*tension* の場における地向斜内のリフトにそってみかぶ帯を中心として噴出したものと考えられる。

地向斜のモデルを復元するにあたり、次の3点を重視した。

1. プレートテクトニクスに大きな役割りを果たした、地震・地震帯あるいは熱流量などのデータは、古生代のような過去をさぐる際有効でなく、むしろ、岩石化学や堆積相が“化石”として最適である。

2. テクトニクスには、絶えず *C*(compression) と *T*(*tension*) の2つのタイプが1つのセットとして働いている。global なスケールのプレートを考えるよりも、長

さ250~300 km、厚さ80~100 kmの小さなプレート(mini-plate)あるいはレンガ(brick)を想定し、これらの差別運動によって諸現象を解析する。単一の mini-plate の両端では、それぞれ *C* と *T* とが働いていると考えられる。

3. マグマ発生場の深さは、大西洋中央海嶺、紅海、アフリカ大地溝帯などにおける資料に基づく。東北日本において強調されている、深発地震帯(Benioff zone)に沿った100~400 kmの深所におけるマグマ発生と *A* (アルカリ玄武岩) — *H* (アルミナ玄武岩) — *T* (ソレリアウト) の帯状分布との関係を説明した仮説を、古生代地向斜のモデルには適用しない。

古生代地向斜中軸部(みかぶ帯)において、アルカリに乏しいソレリアウトが、その両翼(内帯側と外帯側)にアルカリにとむ玄武岩が産出することから、中軸部を中心とした対称構造が考えられる。紅海、Ethiopia Rift, Kenya Rift, あるいは北米コロイド州 Rio Grande Depression などにおける火山岩分布の対称的帯状分布に、この古生代地向斜の岩石化学的特徴の類型を求めることができる。

先カンブリア時代の岩石からなる大陸地殻の中に Rift が生じたのが、古生代地向斜の萌芽であろう。最初の時期は明らかでないが、シルル紀にさかのぼれる。礫岩・砂岩にともなう珪長質火山岩は Rift 構造(*tension*)の最初の火成活動であろう。その後、沈降が進み海域が広がり、mini-plate 内に垂直の小さい割れ目が多数生じて、アルカリ玄武岩を主体とする火山活動が始まり、中軸部の巨大なソレリアウトマグマはやや遅れて上昇した、と考えた。またマグマ発生場の深さは30 km前後で、中軸部の方がやや浅かったと考えた。

古生代地向斜のモデルを考察上で、従来強調されている、*compression* の場、あるいは Benioff zone を適用せず、*tension* の場のモデルを述べた。

また、マグマ発生場の深さやマグマの種類に関する H_2O の役割りや炭酸塩鉱物の起源にまつわる話題も紹介した。(技術部・地質部)

中央アジアの復活山脈

地質部 平山 次郎