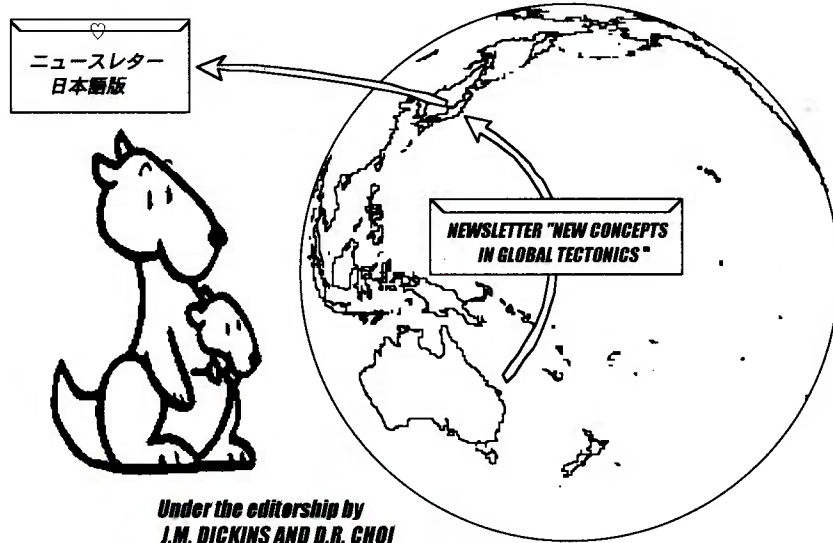

ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念

NEWS LETTER New Concepts In Global Tectonics

No. 27 2003年6月(日本語版 2003年11月) 編集者: J. M. Dickins and D. R. Choi



Under the editorship by
J.M. DICKINS AND D.R. CHOI

も く じ

■ 編集者から	2	■ 出版物	
■ ニュースレターへ財政支援を	2	サブダクションは勘定にあわない	23
■ 編集者への手紙	2	熱ブリュームの問題点	25
■ ニュース	3	■ ニュースレターについて	26
■ 論説		★ NCGT 日本サブグループのコラム	
太平洋の地質構造と起源	4	ワークショップすぐ申し込みを!	26
深発地震と深部構造帯(その5)	7	『新潟夏の陣』開催報告と御礼	27
地震分布様式再論	21	本号のハイライト	28

連絡・通信・ニュースレターへの原稿掲載のためには、次の方法(優先順に記述)の中からお選び下さい: NEW CONCEPTS IN GLOBAL TECTONICS 1) Eメール: ncgat@hotmail.com; 2) ファックス(少量の通信原稿): +61-7-3354 4166, 3) 郵便・速達航空便など: 14 Bent Street, Tuner, A.C.T., 2612, Australia (ディスクはMS Word または Word Perfect フォーマット), 4) 電話: +61-2-6248 7638. 次号は2003年9月下旬に発行予定. 投稿原稿は2003年9月上旬までにお送り下さい.

放棄 [DISCLAIMER] このニュースレターに掲載された意見, 記載およびアイデアは投稿者に責任があり, 当然のことながら編集者の責任ではありません. 本号は Mary K. Choi の援助のもと, J. Mac Dickins と Dong R. Choi によって編集されました.

日本語版発行: New Concepts in Global Tectonics Group 日本サブグループ

翻訳・編集: NCGT ニュースレター翻訳グループ <翻訳に関心をおもちの方, ご連絡下さい!>

赤松 陽 岩本広志 川辺孝幸 国末彰司 窪田安打 久保田喜裕 小泉 潔 佐々木拓郎
柴 正博 角田史雄 宮川武史 宮城晴耕 山内靖喜・輝子 矢野孝雄

編集者から FROM THE EDITORS

(赤松 陽 [訳])

あなたのご意見, アイデア, 原稿をお寄せください!!

今号ではふたたび、世界の広範な地域から寄せられた記事がたくさん掲載されたニュースレターをお届けします。私たちはさらに、いっそう広い地域をカバーしたい、と考えております。私たちは、時に、改宗のために説教をしているというようなことを言われます。しかし、私は、私たちが何に改宗されようと思われているのか、皆目見当がつかません。不幸にも、主流の地質学は、重要な根本問題的について議論するといった性格をもっていません。現在の地質学にみられるほとんどの研究では、他のあらゆる原理主義者の教条と同様に、あまりにしばしば、信じるための教理問答書—プレートテクトニクスの信条—のみを押し通す以外、ほとんど、あるいは全くといっていいほど重要問題点についての議論を行っていません。最近、私たちとは別の人たちによって編集されている、Australian Geologist 誌上で、私たちの仲間である Colin Laing が、議論を始めました。プレートテクトニクス擁護者は、持ち上がった疑問にはまったく答えず、巧みにすりぬけてしまいました。彼らは、むしろ、検閲

やひそかな皮肉に依存しようとしているようです。

私たちのニュースレターに掲載された最近の研究は、リニアメントの世界的体系を記載しました。そして、その意義についてたいへん重要な結論が導き出されました。これらの説明の根拠となったデータは歴大なものです。私たちのすべての読者、投稿者の皆さんは、この研究を受け入れるでしょうか？ 私たちは知ることに関心があるのではないのでしょうか？

最近の研究の中で、今日みられる世界の大洋は、ジュラ紀になってやっと出現しはじめたという、次第にひろがりつつある共通認識が存在します。これについて議論をしてはいかがでしょうか？ たしかにこれは、地質学の始まり以来存在している信仰への挑戦となるでしょう。

J.M. Dickins

ニュースレターへ財政上の支援を FINANCIAL SUPPORT FOR NEWSLETTER

(赤松 陽 [訳])

私たちは、個人で可能な方からは 30 米ドルあるいは相当額の、また、図書館に対しては 50 米ドルあるいは相当額の寄付を求めています。少額ですので、ばかにならない銀行手数料を避けるためにも、銀行為替手形か個人小切手を J.M. Dickins 宛にお送りいただくか、オーストラリアのコモンウェルス銀行 (Commonwealth Bank of Australia, Canberra City, A.C.T., Australia, Account No 2900 200 429) 宛、送金下さい。

何通かの小切手、そして／あるいは為替手形が NCGT あるいは New Concepts in Global Tectonics とのみ記した宛先に振り込まれましたが、これらの宛先では支払いがなされず、そのまま振込人に返送されました。

自国通貨が国際的に流通する国の方は、発行国の通貨立てで個人小切手を切ってください。たとえば、もしカナダからの場合は、カナダドル立てでというように。なぜなら、もし米ドル立てで発行されると 40 ドル、豪州ドル立てならそれ以上の手数料がかかってしまいます。銀行為替手形は豪州ドル立てで発行して下さい。もし、それらが米ドル立てで発行されると、同じように、それらには 40 豪州ドルあるいはそれ以上の手数料がかかってしまいます。

もし領収書が必要な場合は、支援金をお送りくださる際に一言、お知らせください。

編集者への手紙 LETTERS TO THE EDITORS

(赤松 陽 [訳])

■ 編集者へ Oakley SHIELD (S555 Matmor Road, #108, Woodland, CA 95776, USA)

大洋底拡大説は、思いかえしてみると、(それぞれ独立に?) Carey, Dietz, そして Hess によって発想されたと考えられています。しかし、1948 年の W.F. Holmes の論文の Terrestrial Theory (地球学説)の大意

(Government Press, Cairo)では、Otto Pratje と Hans Stille による「Geologische Rundschau (地質学展望)」の2つの論文の中に、大西洋中央海嶺系がはっきりと書きあらわされています。「Stille は、海底が下から注入

を受けた弱線として隆起突出する、ということに関して、Sonder の考えに同意しました」とも (p.369)。さきの3名の紳士諸氏は、1937年に初めて、このような考えが生まれたことに言及すべきであるように思われる。

私は最近、1冊の本「なぜ地球膨張か？」Otto Christoph Hilgenberg 記念出版物 (G.Scalera and

K.H.Jacob 編集, INGV Publ., Roma, 465p., 2003) をいただきました。Hilgenberg (と Carey) に対する賛辞だけではなく、それは、研究史、総説、モデル、地球物理学、および宇宙学に関する諸章が多くの著者によって執筆されていて、末尾にはたいへん包括的な文献リストが掲げられています。地球膨張に関する最新の考えを知るために、私はそれを大いに推奨します。

■ 編集者へ Igor A.REZANOV (Vavilion Institute for the Historical of Natural Science and Technology, RAS, Staropanskiy pereulok, 1/5, 109012 Moscow, Russia <E-mail: postmaster@ihst.ru>)

これはニュースレターのある読者から、私の最も新しい論文 (“Geologic history of continents and oceans”, NCGT Newsletter, no.26) に対して寄せられた質問への回答です。

地球上の広大な海は、始生代、原生代、古生代にわたって存在しました。しかし、それらの海は浅く、陸塊によって分けられていました。これは堆積岩岩石学から明らかです。この見解を支持する議論は、L.I. Salop (1982) と P.P. Timofeyev et al. (1983) によっ

て公表されました。筆石動物群から明らかのように、おそらく、深海の環境は、時々、いくつかの地向斜的海溝の中に存在したようです。現在のような形の海洋は、ジュラ紀にのみその起源を求めることができることを、深海掘削データが物語っています。先中生代の間、地球上の海水量は、現在の海水量のたった 10% しかありませんでした。大規模な海洋底の沈降は、地殻底における蛇紋岩の脱水の結果として、沈降量にみあう莫大な水をもたらしました。

ニュース NEWS

(矢野 孝雄 [訳])

世界地質図に関する NCGT 新潟フォーラム

NCGT 日本グループは、ワシリエフ博士 (ロシア科学アカデミー太平洋海洋学研究所, ウラジオストク) をお招きして、世界地質図に関するフォーラムを開催する。このフォーラムの目的は、太平洋の地質の代表的研究者とこの海洋をふちどる日本列島で詳細な研究を展開している地質家たちとの研究交流の機会をつくることにある。

招待講演の要旨 (B. Vasiliev 博士による)

海陸が同じ凡例で統合された地質図が、初めて編纂された。この地質図は、太平洋底の構造が、これまで予想されていたよりもずっと複雑であることを明らかにした。たとえば、西太平洋海盆の南部では新生代の堆積層が完全に欠如していることを明らかにし (これにはまだ満足のいく科学的説明がない)、また、直交する長さ 3,000~4,000km のリニアメントが広範囲に存在することを示した (これはプレートテクトニクス説に矛盾する)。

環太平洋地域の中深発地震の発生にかかわる地質条件 (鈴木尉元)

1:15,000,000 世界地質図についての質問

(海洋地質研究グループ)

17:30-18:00 <総合討論>

18:30-20:30 <歓迎コンパ>

連絡先: 矢野孝雄 (〒680-8551 鳥取市鳥取大学教育地域科学部, 電話/FAX +81-857-31-5113, EM yanot@fed.tottori-u.ac.jp)

期日: 2003年8月7日

会場: 新潟大学大学院自然科学研究科 大会議室

日程:

13:30-13:45 開会挨拶

13:45-15:40 <招待講演>

1:15,000,000 世界地質図について

(B. VASILIEV)

16:00-17:30 <話題提供>

追加情報

B. VASILIEV 博士にご出席いただき、2003年8月10日には地学団体研究会第57回総会シンポジウム「東アジア大陸縁～太平洋における地質発達史とその要因」が、同じ会場で開催される。このシンポジウムでは、B. VASILIEV 博士による「太平洋の地質発達史の基本的特徴と太平洋の起源に関する問題」という招待講演が予定されている。

第32回万国地質学会ニュース

NCGT シンポジウム (S09) は招待講演によって開催されるが、ウルビノで開催される学会後の会議は誰でも発表可能である。これらの会合についての情報は、次のとおりである。

2004年5月20-28日にイタリアのフローレンスで開催される次回万国地質学会においてシンポジウム No. S09「グローバルテクトニクスの新概念」が開催される。

このシンポジウムは、2部構成となっている：

- a) 地殻とマントルの応力状態—収縮，膨張，脈動—
- b) その他の全地球および惑星に関する研究

要旨の提出期間は2003年5月1日～2004年1月10日である。電子化要旨がのぞましいが、紙面による要旨提出も casaitalia@geo.unif.it で可能である。セカンドサーキュラーは、2003年5月1日から、www.32igc.org で入手できる。

学会後のワークショップ PW09 (第32回 IGC セカンドサーキュラー p.54) が、次のように開催される：

期日：2004年8月29-31日

会場：ウルピノ大学

世話人：E.C. Wezel (イタリア)

定員 (最少/最多)：20-40名

費用：25 ユーロ (フローレンスからウルピノまでの交通を含む、食費は含まれない)

この多分野的ワークショップは、とらわれない心と新しい知見でもって、地球科学の真の根本問題を理解しようとするさまざまな学派の考え方の間に、直接的な議論の機会を提供するものである。私たちは具体的な知識を重視して、古くからの問題を新しい視野からの検討を試みる。次のような話題について、発表を募集する：背弧海盆，リニアメント，地殻の過去と現在の応力状態，山脈形成の原因，造構運動および火山活動の大きなうねり (surge)，地質変化にみられる全世界的な主要事件。

組織委員会への連絡：組織秘書部 Newtours

担当 A. Righi, 8

50019 Sesto Fiorentino, Firenze-Italy

Phone: +39 055 33611 Fax: +39 055 3361350

E-mail: secretariat@32igc.org

論 説

ARTICLES

太平洋の地質構造と起源

GEOLOGICAL STRUCTURE AND ORIGIN OF THE PACIFIC OCEAN

Boris VASILYEV

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

E-mail: pacific@online.marine.su

(矢野 孝雄 [訳])

今日にいたるまで活発な造構運動がつづいている周縁褶曲帯にかこまれた太平洋は、地球上に1つだけ存在するユニークな構造であり、しばしば地球の太平洋区と位置づけられる。太平洋は、私たちの惑星の1/3以上の表面積を占め、他に類似の構造がみあたらない。これまでに得られたデータを分析すると、地球の太平洋区に固有な特性がいつそうはっきりする。固有な特徴は、次のようにいくつかある。①平面で見ると isometric (等軸的) である。②東太平洋海膨は非対称に配置していて、他の中央海嶺とはおおきく異なる。③深海舟状海盆-島弧-縁海システムを備えた活動縁が西部に存在する。④地殻と上部マントルの地球物理学的性質が特異である。⑤玄武岩類の化学組成が、大西洋やインド洋のソレーアイトとはおおきく異なる⁽¹⁾。さらに、太平洋海盆をとりかこむ環太平洋帯のリング構造も、鉱床形成や放射-同心状の巨大断層システムといった固有の特性をもつ。

太平洋と周縁褶曲帯の固有な特徴は、全地球的な対蹸性を代表するものである。それによって、地球を太平洋海洋造構区とアフリカ大陸造構区に二分することができる。

太平洋区の地質研究には、著しい偏りがある。すなわち、陸上部では多数の研究がおこなわれていて、その地質発達史がある程度は解明されている。逆に、海洋底の研究はまったく不十分である。

環太平洋褶曲帯は、太平洋巨大海盆と古期卓状地群との間を占めるリング状の地帯に位置する特異な造構システムである。この地帯の内縁は、深海海溝あるいは大陸斜面の麓 (海溝が存在しない場合) に位置する。いっぽう、その外縁は古期卓状地の太平洋側の端でもって示される。卓状地が存在しないところでは、褶曲帯の外縁を明確にきめることはできない。

環太平洋褶曲帯の古期基盤は、どこでも先カンブリア紀の岩層でできていて、島弧でも同様である。鉛、ストロンチウムおよびニオブ同位体の研究結果はたいへん重要であり、千島弧、日本、マリアナ弧のほか、いくつかの地形-構造単元 (morpho-structure) の下には始生代 (3.6 Ga) にさかのぼる大陸地殻の存在が確かめられた⁽²⁾。このように、多くの研究者によって注目されてきたとお

り、環太平洋褶曲帯は、古期卓状地の大陸地殻の断片化と後続の諸作用の結果、先リーフェイ紀基盤の上に形成された褶曲帯である。

環太平洋褶曲帯のその後の発達過程では、褶曲帯が古期卓状地の断片を蚕食しながら外側へ拡大するいっぽう、太平洋巨大海盆の周縁部をまきこみながら地向斜を形成した。それにもかかわらず、褶曲帯の内縁がおおきく移動することはなく、ほぼ同じところに位置しつづけた。環太平洋褶曲帯のほとんどは、大陸にとってかわって形成されたものであり、厚いシアル質地殻が存在するにもかかわらず、太平洋巨大海盆の良質な"海洋地殻"に比べると、より可塑的なものに変化した。

リーフェイ紀から顕生代を通じて、環太平洋褶曲帯は、圧縮期と引張期のくりかえしによって制御された造構運動を強くうけつづけてきた。その結果、地向斜の発達過程は単調ではなく、より早期に形成された地質構造の改変、シアル質地殻中へのシマ質地殻の出現、などの変動をともなった。

環太平洋褶曲帯における造構運動の活性期は、地殻の破壊および地向斜の発生によって特徴づけられ、それは、惑星規模の地球造構サイクルに対応している。個々のサイクルは平均して約2億年のあいだ持続し、全般的海進にはじまり、海退におわる。しかしながら、太平洋区の造構サイクルはアフリカ区の造構サイクルと非同時的であり、これは、ほとんどすべての研究者が認めるところである。

造構運動に全地球的なリズムが存在する理由は、よくわからない。しかし、多くの科学者は、それらが宇宙の性質にかかわる現象に関連すると考えている。

太平洋巨大海盆

太平洋という巨大海盆は、地球上で最大の地形-構造单元である。その面積は165km²（地球表面積の約1/3）であり、その68%が海盆、32%が海嶺と海山である。

ほとんどの場合、太平洋巨大海盆の縁は、深海海溝と大陸の海岸線（北アメリカの西海岸と南極の海岸）に沿ってのびている。1つの例外は、太平洋の西側の赤道部（ほぼ北緯10°～南緯15°）であり、そこでは、太平洋底と大陸-大洋遷移帯との間に、明瞭な境界が認められない。

太平洋形成の原因とメカニズムは、地球科学の最重要課題の1つである。この問題についてはおおくの仮説が存在するが、同じデータにもとづきながらも別個の仮説が発想されることもしばしばである。

太平洋海盆は東部と西部の2つの部分に区分され、地形、地球物理特性、岩石組成および年代を異にしている。両者の境界はおおよそ、天皇海山断裂、ハワイ海嶺およびライン諸島海嶺を通過する。南緯45°よりも南では、境界が不明瞭になる。太平洋海盆の西部と東部の違いは、深部における諸作用（なによりも、地球の液体核の表面起伏）によって決定されていることは明らかである。それゆえに、両者の間に明瞭な境界はなく、きわめて幅広い遷移帯になっていて、赤道以南ではとくに不明瞭である。

地質構造

この35年にわたってつづけられてきた地質研究は、太平洋巨大海盆の地質構造に関する仮説群を十分に吟味する機会を、とくに、3つの地質-構造ステージを識別する機会を私たちにあたえてくれた。

第1のステージは、Mussau海溝、ClarionおよびEltanin断層帯、千島-カムチャッカ海溝、Zenkevich海嶺において、そして、ハワイ諸島・タヒチ諸島・サモア諸島などの火山岩溶岩中のゼノリスとして、発見された変成岩類に代表される。

第1地質-構造ステージの岩石には、harzburgite 起源の蛇紋岩（塑性変形の痕跡あり）、角閃片岩および緑簾石角閃片岩、緑簾石角閃岩、輝石-斜長石変成岩、緑泥石-滑石岩で構成される、という規則性がある。ハワイにおける火山岩溶岩のゼノリスのなかでは、第1ステージの岩石は、dunite, lcrzomite, verlite, garnet peridotite および garnet pyroxenite に代表される⁽³⁾。これらはすべて、化学組成のうえでは初生的（primitive）ソレーアイトに相当し、それらの起源が同一であることを示す。第1地質-構造ステージには酸性岩も含まれるが、量的にはきわめてわずかである。

第1ステージの岩石のうちで最古のものは、先カンブリア紀のものであり、フランス領ポリネシア、サモア、ハワイ諸島、ソシエテ諸島、マーカス諸島、オントンジャワ海台などの噴出岩の鉛、ストロンチウムおよびニオブ同位体組成によって証拠づけられている⁽⁴⁾。これらの噴出岩を融出した伏在層の年代は、3.5Gaである。同じ年代は、ハワイ火山の溶岩中に発見されたゼノリスからえられている⁽³⁾。

第2ステージは、構造的不整合によって第1ステージと区別される。第2ステージの岩石は、変成度が著しく弱く、塑性流動の徴候がなく、蛇紋岩にはハンレイ岩質微細岩脈が存在することが特徴である。第2ステージには、成因的に関連した2つのサブステージがある。

下部サブステージは、あらゆる主要な地形-構造单元にお

いて特徴的にみいだされる層状貫入岩類の複合岩体である。岩石層序の下部を構成するのは、沈積岩 (plagioclase verillite, websterite, orthopyroxenite および troctolite) である。上部は塊状岩類に代表され、olivine gabbro-norite, gabbro, gabbro-dibas, それらの変質岩である metagabbroids および diabase 起源の epidote amphibolite からなる。

上部サブステージは、基底部の枕状溶岩、凝灰岩、角礫岩および凝灰質堆積岩類からなる。副次的な地下火山岩および半深成岩 (dolerite, gabbro-dolerite, diabase など) をともない、これらは下部サブステージの岩石によく似ている。

火山起源の岩層は、太平洋巨大海盆底をほぼ完全に覆いつくしている。これは海洋地殻の“第2層”を構成するものであり、その層厚は、この広大な地域の大部分にわたって 2~3km である。ところが、大規模な深海海嶺の下では、層厚が 2~3 倍になる。火山起源岩石 (噴出岩) の大部分は、化学組成ではソレーアイトとサブアルカリ玄武岩に相当し、場所によっていくぶんのちがいがあがる。このサブステージの岩層の上部には、まれではあるが、アルカリ玄武岩・サブアルカリ玄武岩から pantellerite・粗面流紋岩にいたるサブアルカリ質のナトリウム岩系の岩石が産出することがある (Volcano 海溝)。岩石の構造と組織にもとづくと、これらの火山岩類が浅海環境で形成されたことは明らかである。

化学組成、構造、および地質構造上の位置から判断すると、これらの火山岩類は大陸の玄武岩トラップにたいへんよく似ている。

第3の地質-構造ステージ (後期ジュラ紀~新生代) の岩層は、同時に進行した2つの作用によって形成された。それらは、太平洋のさまざまな海域において発生した複雑な火山活動と堆積作用であり、それらの持続期間もさまざまである。造構運動の特徴と強さのちがいが、太平洋巨大海盆の地形-構造の全容をうみだした。同時に、伏在岩層の化学組成の多様性と火成活動の深度のちがいをもたらした。その結果、構成岩石を多様なものにした。新生代火山活動によってできた岩石の化学組成には著しい多様性があり、初生的 (primitive) ソレーアイトから粗面岩・流紋岩まで変化する (たとえば、イースター島など)。

第3の地質-構造ステージの堆積相は、おもに深海掘削と音波探査によって調査・研究されてきた。堆積層はほとんど水平で、伏在する基盤岩の起伏を埋め立て、いくつかの場所では地壘と地溝によって複雑化している。堆積層の層厚はふつう 200~500m で、平均で約 300m である。海山の麓に近づくと薄くなり、完全に尖滅することもあ

る。また、1200m に達するところもある。堆積物の層厚と組成は、おもに気候帯、および、それに関連する水塊の生物生産力によって支配され、海底地形や再移動堆積物の供給源にも依存している。

地形および古生物データにもとづいて、太平洋底の堆積物の層厚と堆積相が分析された。その結果、後期ジュラ紀以降この海域が著しく沈降したことが解明された。この沈降事件はブロック運動の様式をとり、沈降運動の時期、速度および振幅はそれぞれのブロックごとにちがっていた。もっとも初期の沈降事件は巨大海盆の西赤道海域で起こり、そこでは、堆積層の基底に中期ジュラ紀の堆積物が発見された。この海域における沈降運動の総振幅は 6km に達する。

上述したことがらを要約すると、次の結論がみちびかれる：

太平洋巨大海盆は、第1級の全地球的地形-構造単元であり、地球発達史の初期段階に形成された。太平洋巨大海盆では、その全発達史をつうじて、造構運動が活発であった。同時に、周縁褶曲帯にくらべると、より剛体的な地塊としてふるまってきた。

太平洋巨大海盆の地殻は、おもに苦鉄質組成である。巨大海盆域の沈降と海洋盆の形成はジュラ紀にはじまり、現在までつづいている。これは、全地球的規模の海洋形成作用のあらわれである。ただし、周辺の大陸における古生物地理の解析からあきらかなように、その過程で、大規模な隆起と沈降が周期的にくりかえされた可能性は十分にある。

太平洋巨大海盆とその周縁帯の構造解析によって、この海盆の起源と進化に関する概念が完成し、明確になった。

たいへん確からしいのは、約 45 億年前のまれな天体事件 (おそらくは、初期地球から月の分離、あるいは、大きな惑星の衝突) によって月-地球系が誕生し、その結果として、太平洋海盆が形成されたことである。この過程は、太平洋巨大海盆に、次のような固有の特徴をもたらした：①等軸性の平面形状、②かなり苦鉄質な地殻組成、③活発な造構-火成活動、および④等軸的な変動帯の存在 (古期卓状地の断片化と、それにつづく多サイクルの地向斜-造山史の結果として形成された)。

太平洋巨大海盆の領域では造構-火成活動がくりかえし起こった。超塩基性の伏在層が近接して存在しているために、周縁の褶曲帯にくらべると、海盆は“剛体的”であった。そうだとすると、この海盆は thalassocraton (海洋剛塊) とみなすことができる。太平洋巨大海盆をとりまく大陸は、45 億年にわたって、膨大な量の陸源および火

山源物質を供給した。これらの物質は、超塩基性伏在層とともに融解作用と変成作用を被り、その結果、太平洋の地殻組成はいくぶん分化して、酸性組成の岩石類まであらわれた。

地球物質から月が形成されたのと説には、すぐれた論拠がある。この仮説だけが、太平洋巨大構造の起源を説明することができる。その形成メカニズムは、地球の発達史の初期段階に多数形成された隕石衝突による第1級のリング構造（直径 2000~4000km）の形成メカニズムと

原理的には類似している。

考察してきた仮説は、太平洋区の構造と発達史にみいだされる他のいくつかの規則性をも説明することができる。太平洋区の発達史は、全地球的造構学説を創りだすうえで比較的大きな可能性をもたらすであろう。他の学説にくらべて有利な点は、この学説が、地質学のおよび天文学的研究によって、近代的な数学手法をつかって証明される可能性をもっていることにある。

文 献

VASILYEV, B.I., 1992. Geology of the Pacific. Vladivostok.
 VOLOBUEV, M.I., STUPNIKOVA, N.I., ZUIKOV, S.I., 1987. Deep structure of Kuril Island Arc by lead-isotope method. Bull. Moscow Univ., Series 4, Geology, no. 6, p. 23-35 (in Russian).
 MORTOKA, M., and KIGOSHI, K., 1975. Lead isotopes and age of Hawaiian lherzolite nodules. Earth and Planet. Sci. Letter, v. 25, p. 116-120.
 SUN, S. S., 1980. Lead isotopic studies of young volcanic rocks from oceanic islands, mid-oceanic ridges and island arcs. Philos. Trans. Royal Soc., Ser. A., no. 1430, p. 409-445.

深発地震と深部に存在する構造帯 その5, 討論
 DEEP EARTHQUAKES AND DEEP-SEATED TECTONIC ZONES PART5. DISCUSSION

Dong R. CHOI
 6 Mann Place, Higgins, ATC 2615, Australia

(岩本広志 + 柴 正博 + 国末彰司 + 久保田喜裕 + 佐々木拓郎 [訳])

本号では、USGS NEIC データバンク (<http://neic.usgs.gov/neis/epir.html>) から引用された環太平洋域の地震断面（私の先の論文[Choi, 2002a to c and 2003a]）そして、深発地震活動と深部構造との関係を総合的に分析する。

深発地震と深部構造

1. 東南アジア

私が最近出版した論文の1つ (Choi, 2002c) で、私は、東南アジアにおける2つの主要深部造構帯とその他の広

域的に重要な造構要素に焦点をあてた。この情報は、比較のために、地震分布図 (図1) に重ね合わせられた。こうしてできあがった図面は、地質構造が地震分布パターンを明瞭に規制していることを明らかにしている。

深部断層と地震パターンとの関係

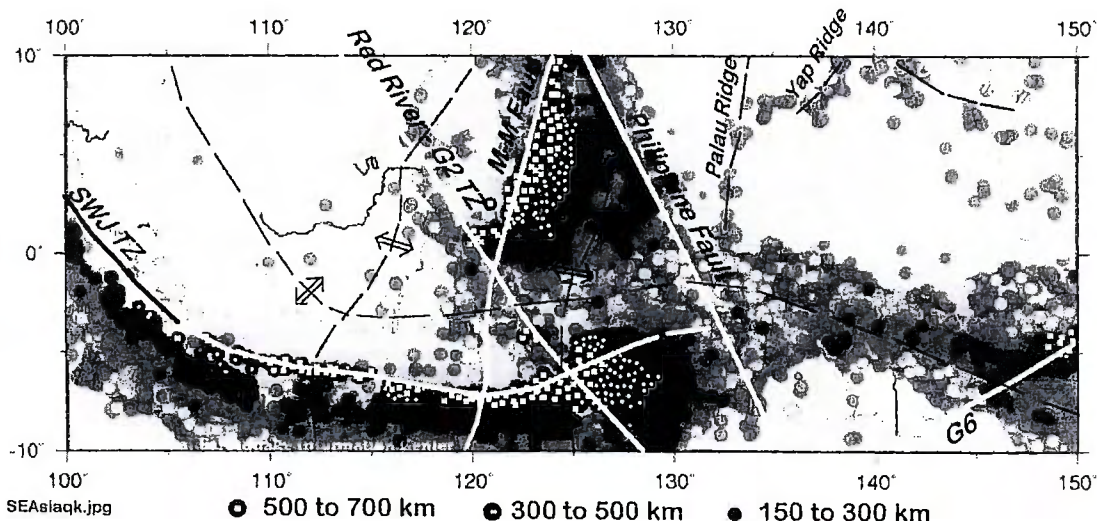


図1 東南アジアにおける地震分布と主要な造構要素。地震データはUSGS NEICから、造構要素に関する情報はChoi (2002c) から編纂。地震分布パターンに対する構造規制が明瞭である。SWJ TZ: シャン境界-西マレーシア-ジャワ海造構帯, ISN GA: インドチャイナ-南ボルネオ-ニューギニア地背斜, M-M断層: 中央線-ミンダナオ断層

1) 深発地震は深部断裂に沿って、あるいは、その周辺に配列して、深部における地震と断層の間に成因的関連があることを示唆する。ほとんどすべての深発地震は、おもにジャワ海、バンダ海およびセレベス海といった現在の海盆域に分布する。これらの海盆はすべて、活発に沈降している盆地である。とくに注目にあたいるのは、これらの深部断層が陸域や卓状地に位置しているところでは深発地震をとまなわない、ということである。これらの事実は、深発地震活動が地殻やマンツルの沈降運動に関係している結論することを保証する。

2) 他方、150km 以浅の浅発地震が、構造的な高まり一おもにインドネシア-南部ボルネオ-ニューギニア (ISN) 地背斜のうえに、そして、散点的にはパラオ海嶺のような海嶺のうえに分布する。しかしながら、ISN 主地背斜に沿ってみても、浅発地震活動は、この地背斜が海洋環境一すなわちスラウェシ島東部を通る部分一に集中している。これは、地震と造構的沈降運動とに成因的関連があることのもうひとつの示唆である。

3) 1つの顕著な線状浅発地震帯が、紅河-G2 (RG) 造構帯に沿って配列する。この造構帯は、局所的に (スラウェシ南東部において) いくぶんの深発地震をとまなっている。この地震帯は、その南方延長がオーストラリアの先カンブリア紀起源の G2 リニアメント (O' Driscoll, 1986) に連続することから判断すると、先カンブリア紀の断層系が再活性化したものである。この断層は、南西側の卓状地と北東側の一連の海盆 (南中国海、スル海、スラウェシ海およびバンダ海) を境している。後者は、沈降をつづける1つの地殻ブロックである。

4) 中発地震 (150~300km) は、主にバンダ海、セレベス海およびモルッカ海といった構造的凹地に分布する。同様な事実は、後述する南アメリカの地震分布パターンにも知られている。

5) その他の興味深い現象は、フィリピン断層沿いの地震パターンである。この断層は深発地震を伴わないが、とくに RG 造構帯の北側では中発地震 (150~300km) をともなう (図1)。図2に示される南側の CB-1 断面のように、この地震帯は断層帯の西側に位置し、モルッカ海における二重沈み込み (Cardwell et al., 1980) が起こっているかのように見える。しかし、断層面の位置は、CB-2~CB-4 断面にみられるように、北方に位置するこの断層の東側に転位する。そこでは、これらの断層面はフィリピン海溝近くにあらわれる。これらの事実はモルッカ海における沈み込み物語を否定し、たんに震源帯が沈降ブロック側へ倒れていることを意味する。これは、地震と沈降との間の関連性を示すもうひとつの例である。

震源面のパターン

東南アジアでは、深発地震の震源面パターン (和達一ベニオフ帯) に2つのタイプ一急傾斜の場合と中程度の傾斜の場合一が観測される (図2・図3)。しかしながら、両タイプの震源面の最深部は、共通してほぼ水平になる。それらは、550~600kmの間ではたいへん低角度であるが、300km 以浅ではしだいに 40° ~ 60° にまで傾き、最後は地表近くになって 10° ~ 20° になる。

1) 急傾斜タイプのものは、シャン境界-西マレーシア-

ジャワ海造構帯 (SWJ) に沿って、ジャワ海でみられる (図3)。この深発地震の震源帯はほぼ鉛直で (図3の IND-1 および IND-2 断面)、断層沿いの地域に限られて分布する。急傾斜であるがゆえに、インドネシア弧 (火山性内弧) がこの造構帯に近接して位置し、それらの間隔は 300km 以下である。この造構場には、典型的な“背弧海盆”は存在しない。

2) 中程度の傾斜角 (30° ~ 55°) のタイプのものは、バンダ海とセレベス海にみられる (図1-3)。両海盆はともに幅 300~500km の“背弧海盆”で、超塩基性岩をとまなう海洋化された地殻をもっている (Choi, 2002c)、地震面は東へ衝上する。この造構様式は、“朝鮮東海 East Sea of Korea” (= 日本海) * の造構パターンに類似している。[* 南カリフォルニア図書館大学に集められている膨大な数の 17~19 世紀の地図の大部分は、“日本海”のかわりに“東海”あるいは“朝鮮海”としている。詳細は <http://www.usc.edu/isd/archives/arc/libraries/east-asian/maps/htm> 参照。私は、朝鮮での最近のよく検証された出版物にしたがって、East Sea of Korea を使う。]

SWJ 造構帯に沿って発達する地震パターンはとくに興味深いもので、地震エネルギーが東へ流動しているかにみえる。すなわち、西部 (ジャワ海とフローレス海) にある深発地震の震源帯は急傾斜で狭く、バンダ海がではじめの RG 造構帯をすぎると debouch し、幅がひろがり、そして緩傾斜 (30° ~ 40°) になる (図1および図3の断面 IDN-5 を参照)。これは、Smoot and Leybourne (2001) がバンダ海渦状構造を創設したところであり、彼らの中央太平洋メガトレンドの西端にあたる。

活火山は、ほとんどの場合、モホ面よりもはるか下方の 100~200km に W-B 帯が存在する線状弧に発生している。この 100~200km の深度帯は、火山マグマの主要給源域であると考えられている。大陸斜面や島弧外側域において W-B 帯が 100km 以浅にあるところでは、火山活動はほとんど知られていない。

上述した東南アジアにおける地震パターンを、以下に要約する。この領域の震源は、構造規制をうけている。地震活動は、主要断層や地殻/上部マンツルの活発な沈降運動と直接に関連している。そのため、ほとんどの地震は、現在の海洋性環境、とくに活発に沈降している海盆で発生している。この意味で、中-深発地震は深部地震システムあるいは地球深部断層系に関連するいっぽう、浅発地震は構造的な高まりや古期の主要断層帯のある部分に関連している。

2. 西太平洋の伊豆-小笠原-マリアナ弧,

これらの弧は一連の N-S に並んだ海洋島列 (図4) で構成される。それらはほとんど内側火山弧に属する。この海域では、非火山性的小笠原諸島を除いて、外側弧の発達が不十分である。小笠原諸島は海溝を仕切る E-W 方向の小笠原海台に接続している。

この海域の中では、優勢な Susongchon-琵琶湖-マリアナ諸島 (SLM) 構造帯が 100km 以下の距離で、島弧に近接している。それは垂直に近い深いか中間的な W-B 帯によって特徴づけられる。一般に、地震のパターンはケルマディクトンガ弧とまたはソロモン諸島 (Choi, 2003) へか

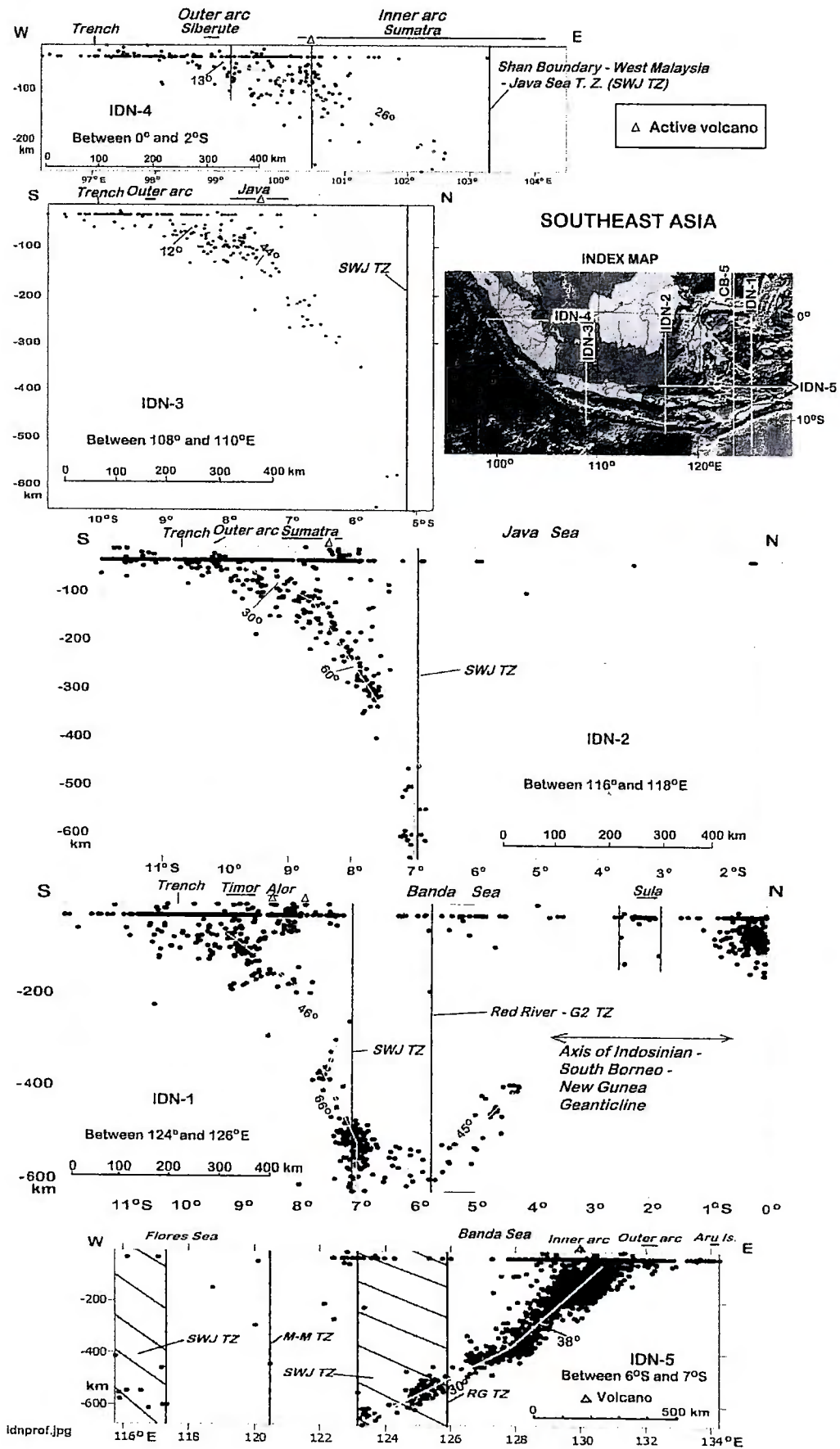


図3 主要な造構特性と組み合わせたインドネシア弧の震源断面。深発地震が、SWJ 造構帯沿いに集中する。

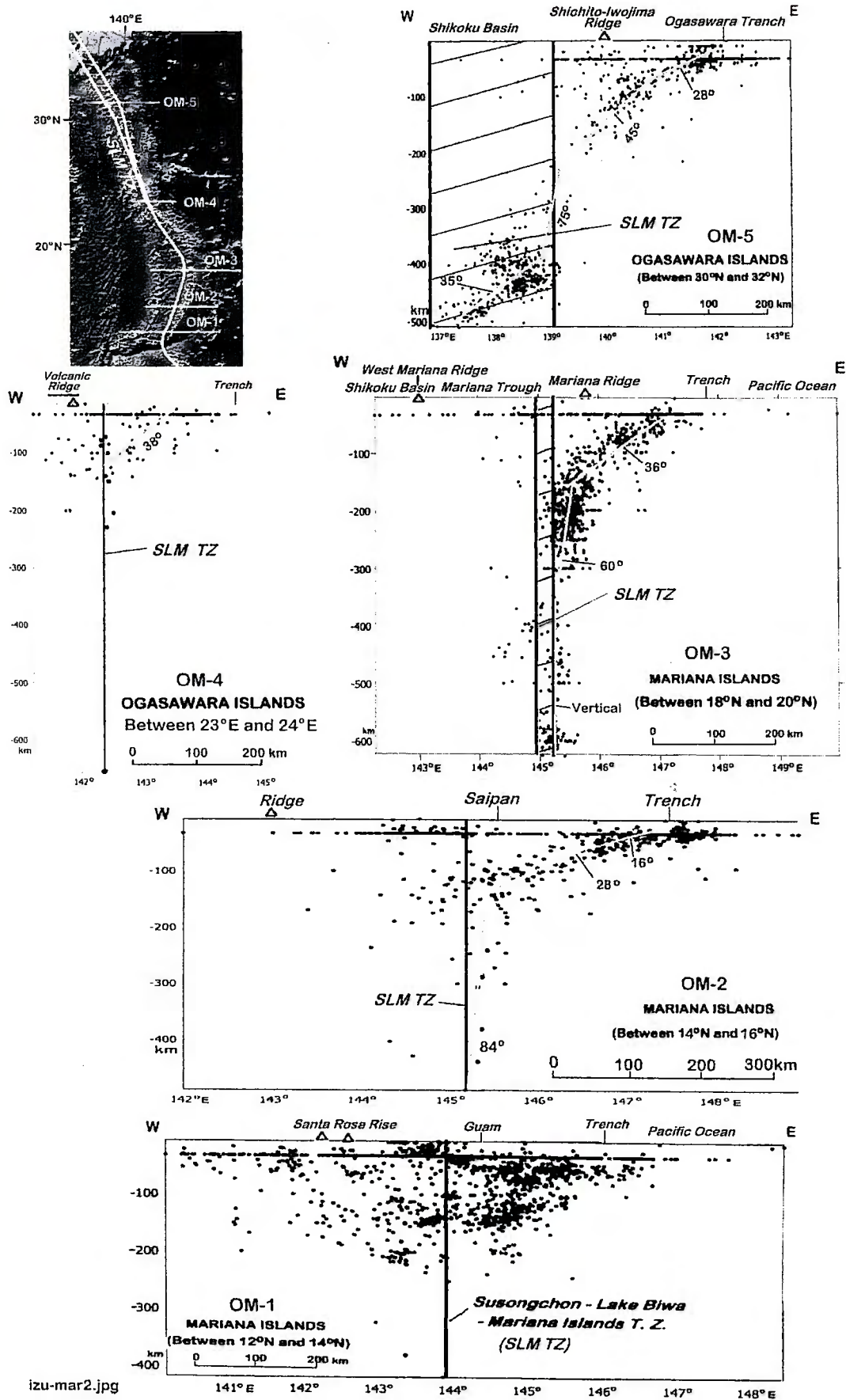


図4 西太平洋の伊豆-マリアナ諸島の地震断面。この地域の火山性島弧は深部造構帯にたいへん近接していて、W-B帯は深度200kmまではほぼ鉛直である。

けての範囲と同様である。またここでは、火山性内弧は深さ 120~150km の W-B 帯の上にある。

3. 朝鮮の東の海（日本海）とオホーツク海、北西太平洋

朝鮮の東海は、和達-ベニオフ帯（W-B 帯）が生まれた場所である (Wadati, 1935; Benioff, 1954; Suzuki, 2001). 震源分布パターンはここでユニークである (図 5). W-B 帯は長く、狭く、まっすぐで、震度 400km 以浅でも比較的緩く（およそ 30 度）傾斜しているが、震度 400km 以深ではそれよりわずかに緩く（20~30 度）なる。地震は現在の大陸斜面の下の 150km 以浅で最も集中し激しく起

っているが、この震度以深では劇的に減少する。そして、環太平洋のすべての地域で一般的に観測されるように、250~300km の深さあたりで小さな活動がともなう。活火山は W-B 帯が深さ 100~170km である領域に位置するが、例外として 240~260km である飛騨地塊に火山が存在する (図 6 断面 EKS-5). 現在の日本列島は内弧に属し、それらは火山性である。海底地形では明確ではないが、地震探査断面のデータは、非火山性の外弧が本州島北部沖の海溝から西へ約 70~90km のところに位置していることを示す (Choi, 1987). 外弧についての興味あることは、そこが、浅い地震が非常に激しい場所であるということである。

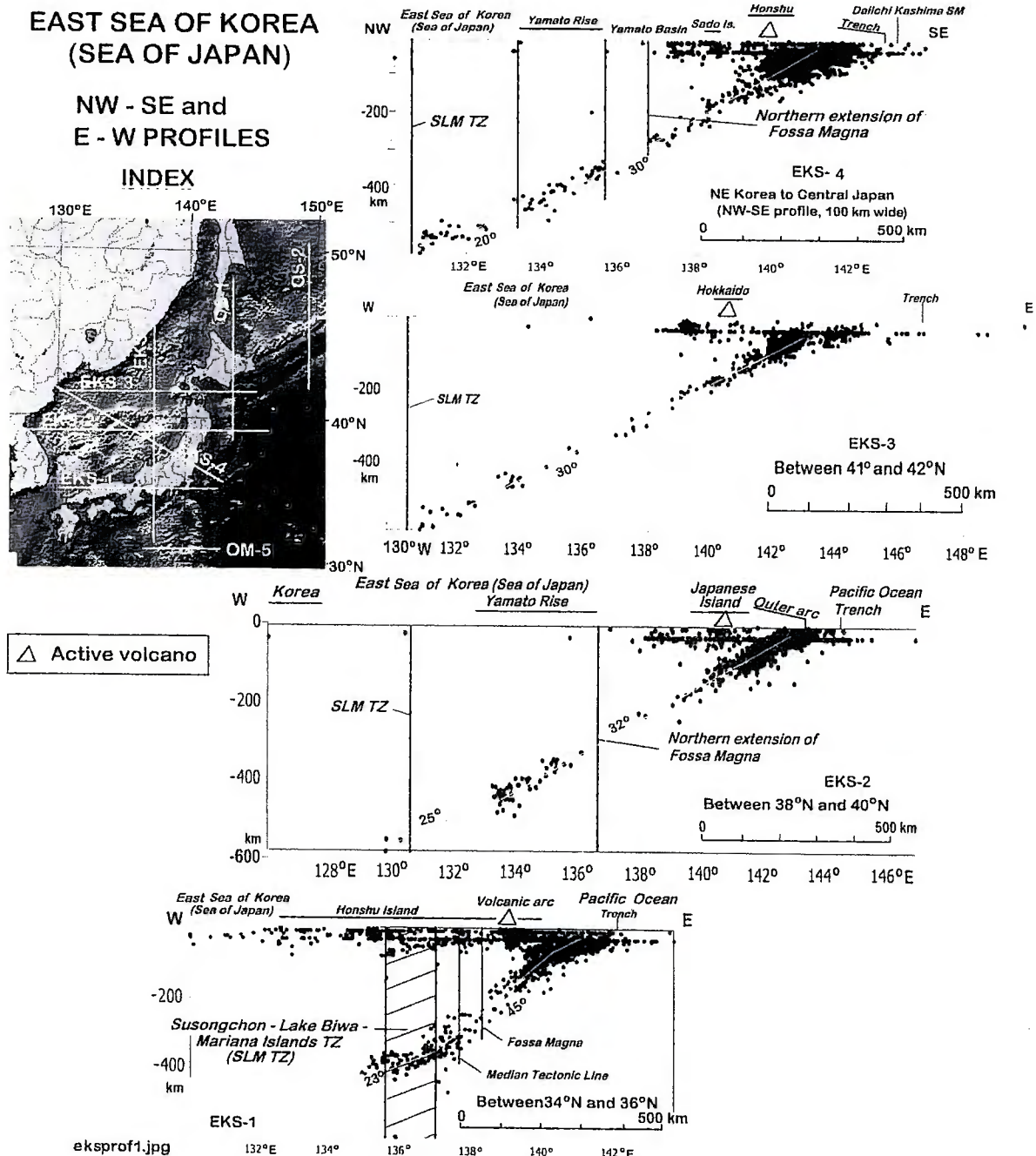


図 5 朝鮮東海（日本海）における東-西および北西-南東方向の地震断面

EAST SEA OF KOREA (SEA OF JAPAN) AND OKHOTSK SEA (N-S PROFILES)

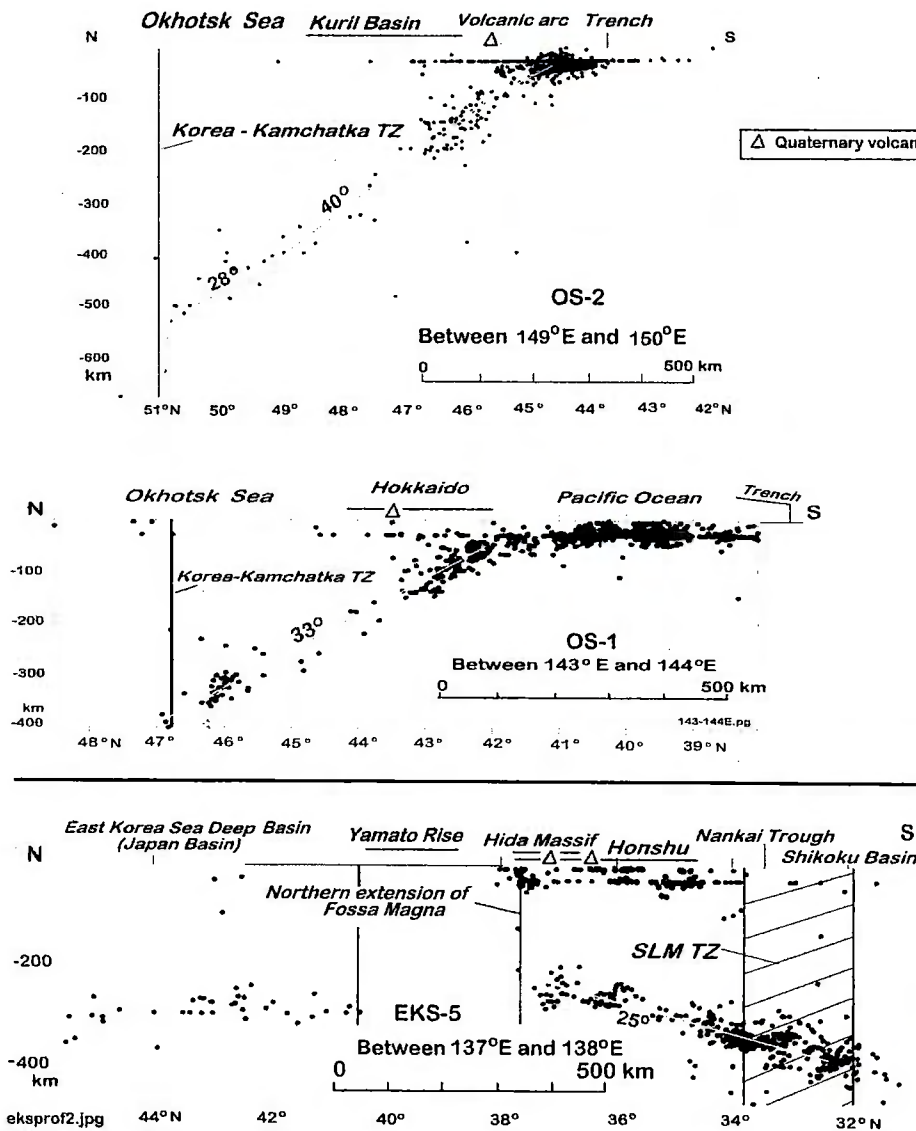


図6 朝鮮東海（日本海）とオホーツク海の南-北地震断面。断面位置は図5。断面線が斜交しているために震源面がみかけ上、緩傾斜になっていることに注意。これらの傾斜角は最小値と理解してほしい。オホーツク海における W-B 帯の実傾斜は、図7から計算すると 40° ~44° である。

オホーツク海は、より急傾斜した 40~44° の W-B 帯をもつ（図 6・図 7）。千島-カムチャッカ半島の火山諸島は 100~150km の深度の W-B 帯の領域の上に位置している。震央は、朝鮮の東海(日本海)のものよりも、より散在している。

図 7 をみると、W-B 帯と主要な構造要素との関係は、かなり驚くほどのものであることがわかる。激しい浅発地震によって影響された領域は、完全に弧状列島の方向と一致する。しかし、W-B 帯の全体的な形状は、活動的な弧状列島の方向によって影響を受けない。すなわち、前者はほぼ直交した 1 組の深部断裂によって形成されている主要な構造的枠組みと調和的である。朝鮮の東海における高い地殻熱流量(Tuevov, 1984)と比較的薄い地殻(Yoshii, 1979; Choi, 1984)はすべて、これらの深部構造帯沿いに起きた主にジュラ紀~白亜紀の深部活動に起

因

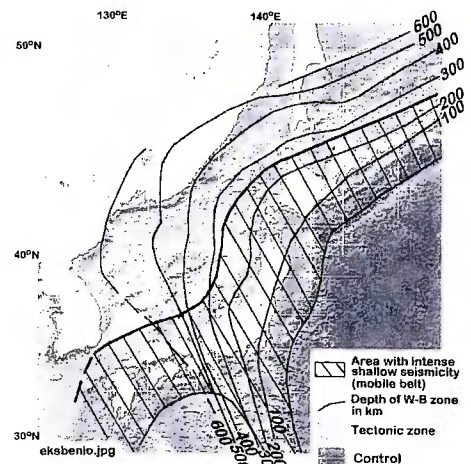


図7 W-B 帯の深度、深部構造帯、および強い浅発地震（150km 以浅）の分布域

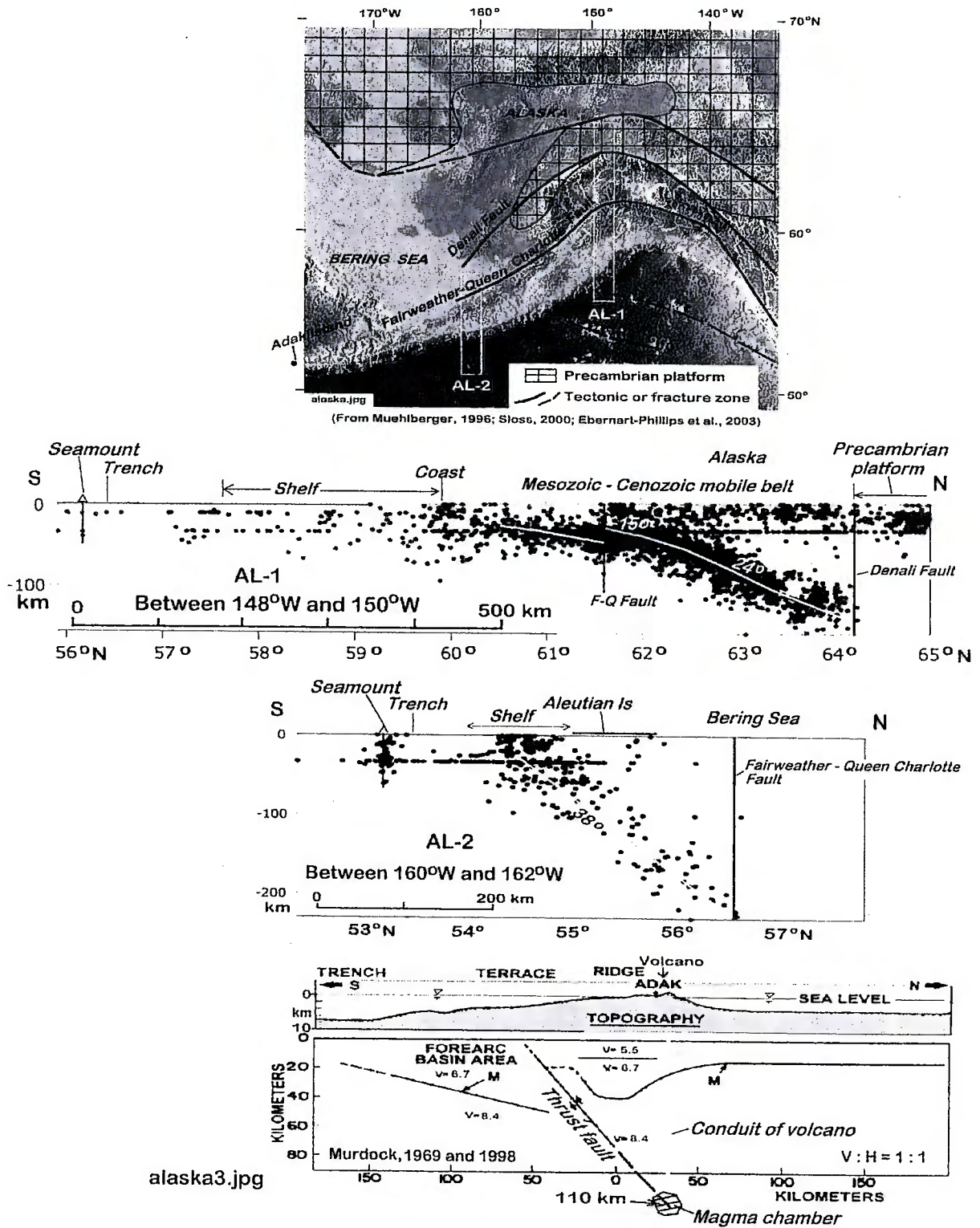


図8 アラスカおよびアリューシャンにおける南-北方向の地震断面と地殻断面。Adak島をとおり最下図は、Murdock (1969; 1998) から編図。Murdockの衝上断層は、AL-1とAL-2の震源帯に一致する。W-B帯は、沈降ブロックの上に形成された衝上断層である。陸上部の2つの断層—Denali断層およびFairweather-Queen Charlotte断層—to注意。これらは、W-B帯の発達を制御している。Adak島の火山の根は、約110kmの深さに達している。

因する(Choi, 1984; Vassiliev and Choi, 2001; Choi, 2002a; など)。同様の構造パターンが南西太平洋でも復元される(Choi, 2003)。海溝は弧状列島と直接関連し、地質学的には古第三紀～第四紀の若い地形である(Belousov, 1975; Dickins and Choi, 2001; Vassiliev and Choi, 2001)。

4. アラスカとアリューシャン列島

アラスカとアリューシャン列島では深発地震が記録されていないが、地震イベントに対する主要な断層システム

による制御について簡単にふれておくことは価値のあることである。アラスカと東アリューシャンでは、2つの主要な断層システム—Fairweather—Queen Charlotte 断層と Denali 断層 (Muehlberger, 1996; Eberhart Phillips et al., 2003)—が地震分布 (図8) に直接の影響を与えている。多くの海山が並ぶ北西—南東方向にのびている他の海底断層が、海溝付近で 50km よりも浅い多くの地震の引き金になっている。ひどく擾乱された南アラスカと北西カナダでは、地殻内に浅い地震が発生する (図8 断面 AL-1)。

Murdock (1969 and 1998) は、アリューシャン島弧の浅発地震が、リッジ—海段境界帯 (海段の北方 60~100km に位置する) に卓越して発生し、スラストが島弧下に北方へ急角度でもぐり込んでいることを強調した。彼の地震波の反射モデル (図8 下図) には、Adak 島沖に衝上断層を描かれている。この論文の図8の断面 AL-2 にみられる震源帯は彼の衝上断層に相当し、したがって、彼の地震モデルが支持される。アリューシャン地域におけるプ

レート運動と沈み込み想定する必要は全くないのである。

5. 南アメリカ

南アメリカにおける地震分布は、図9で見られるように、当地域の主要な地質構造の特徴と非常に良い一致を見せる。500km 以上の深発地震の大部分は西ブラジル盾状地 (WBJ) 構造帯 (Choi, 2000b) に沿って並ぶ。300~500km の比較的深い地震のいくつかは、南アメリカ中央部の西部の北東—南西方向の断層上に並び、この断層に沿って古生代の珪長質貫入岩体が散在的に分布する。この断層は、アルゼンチンの北西角に位置する先カンブリア紀変成岩地帯の北縁をなす (Corvalan et al., 1985)。すべての構造的な高まりは、150km より浅い浅発地震活動をとめない、所々は無地震域となっている。チリ海嶺下には浅発地震が非常に密集する。深さ 150~300km の中発地震 (図9の中央図で暗円) は、東南アジアを含む他の地域と同様に、構造的凹地に発生している (図1参照)。

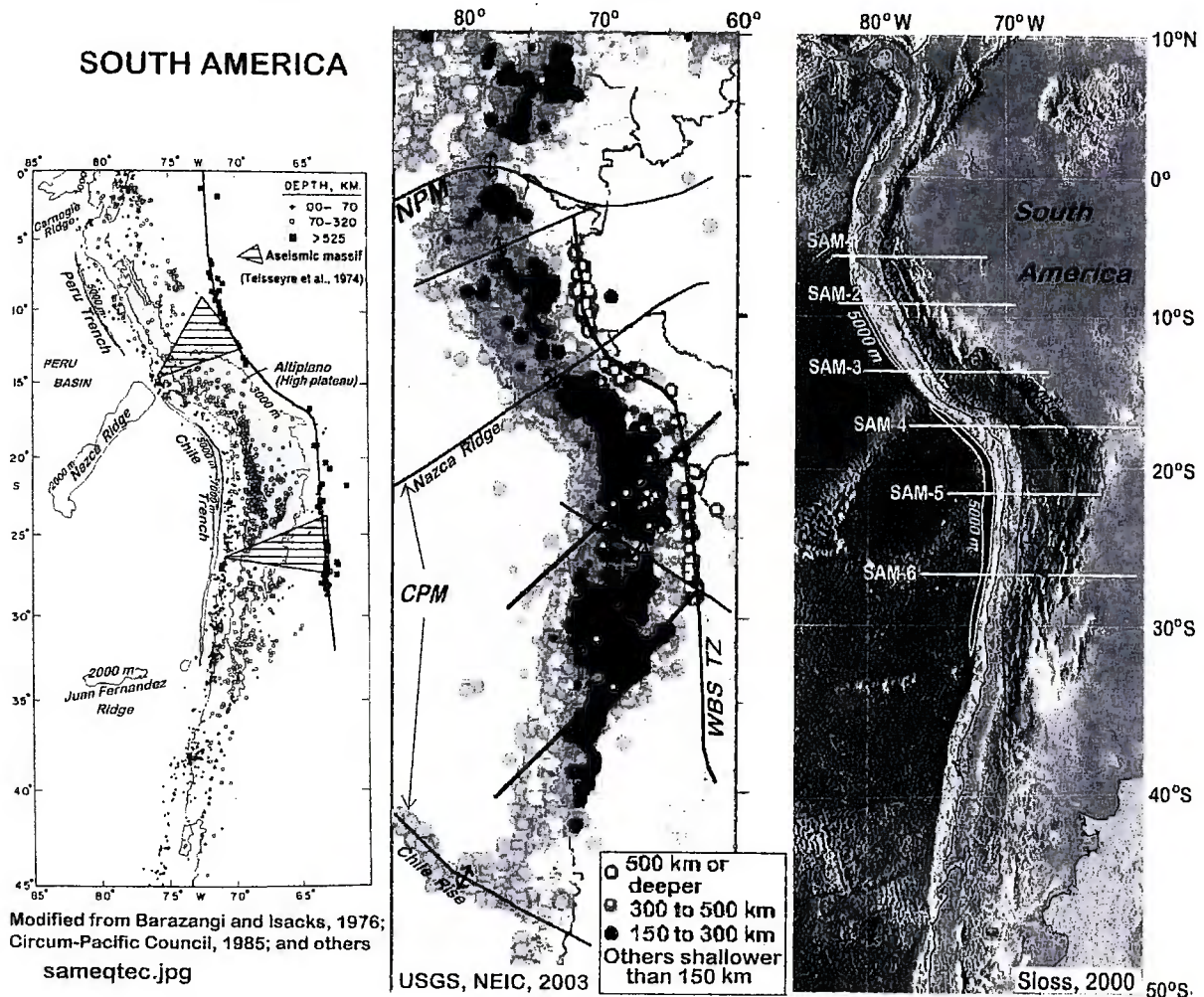


図9 西部南アメリカの地震、テクトニクスとレリーフ。NPM = North Pacific Megatrend (Smoot and Choi, 2003), CPM = Central Pacific Megatrend (Smoot and Leybourne, 2001), and WBS TZ = Western Brazilian Shield Tectonic Zone (Choi, 2002b). The right figure shows locality of profiles in Figure 10 and major topographic features (Altiplario and deep Wench). 右の図は図10のプロファイルの位置と主要な地形 (Altiplario と深い海溝) を示している。中央の図は深い地震 (500km 以上)

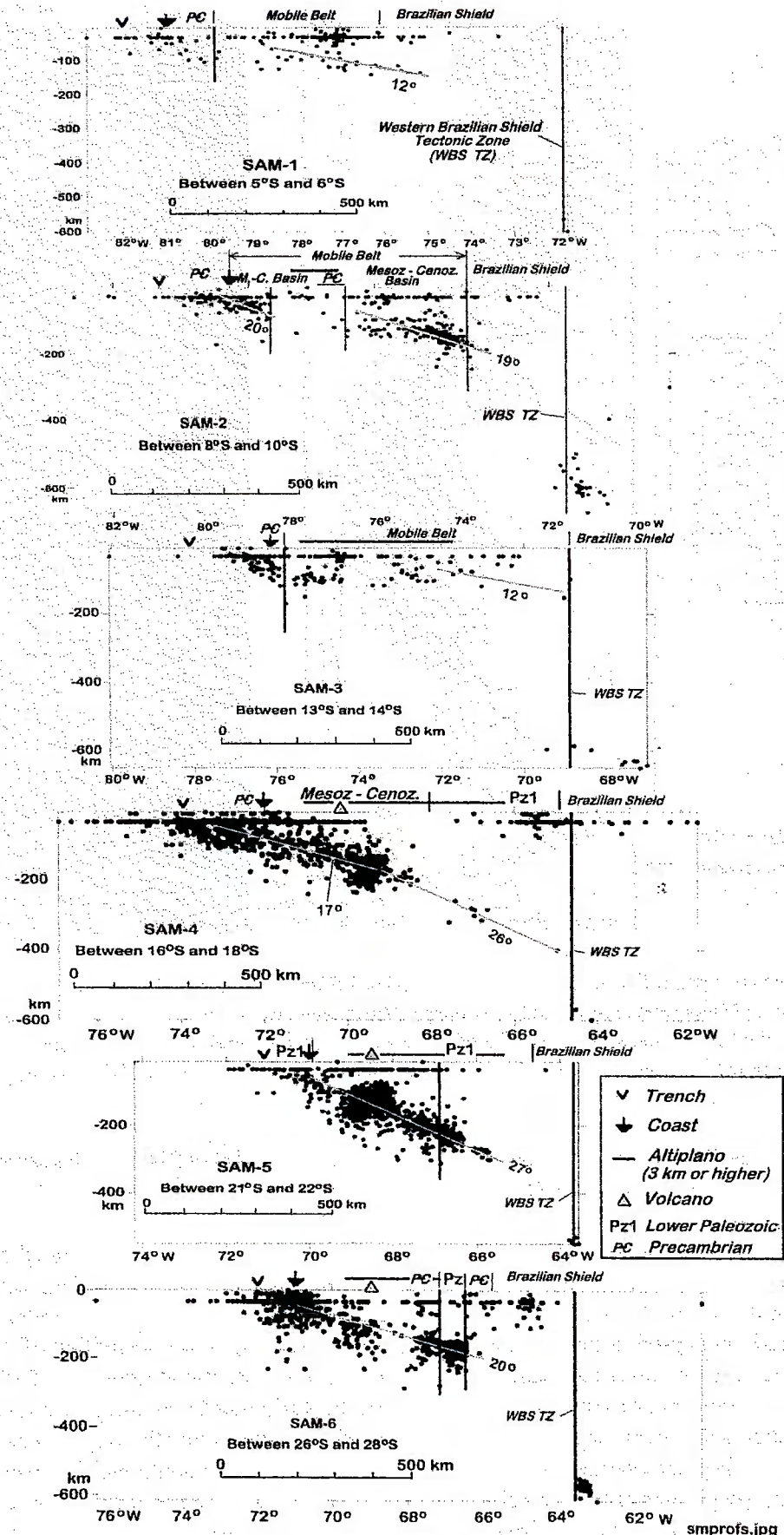


図10 南アメリカの地震分布。地質学的情報は主に Corvalan 他(1985)による。位置については図9参照。他の場所ではあまりはっきりしないが、SAM-4 と5では和達-ペニオフ帯が相対的に明瞭である。和達-ペニオフ帯は研究地域を通して、低角度である

低角度 (27° 以下) の浅発～中発WB帯が、南部の断面 (図 10 SAM-4～6) に比較的よく発達する。そこでは Altiplano が最も高く、そして最も広がっている。しかしながら、ほとんどの断面では、浅発地震群と深発地震群との間の関連は明瞭ではない (断面 SAM-4 にはいくぶんの関連が認められる)。ただし、南アメリカにおける深発地震、高い山地および深い海溝などの間の紐帯を考慮すると、私は、中-浅発地震と深発地震が断裂を通じて関連していると信じている。このような断裂の 1 例として、多くのやや深い地震が発生するアルゼンチン北西部の断裂があげられる。以上のような関連を証明したのは Blot (Grover, 1989, p. 79-81) であり、彼は、先駆的深発地震を後続の中-浅発地震と関連づけ、浅発被害地震の発生時期を正確に予測した。北部では、断面 SAM-1～3 にみられるように、浅発地震活動が優勢である。Corvalan et al. (1985) のような既刊の地質図によれば、沿岸地域には、先カンブリア系 (局所的に下部古生界を伴う) が分布する。手もとにあるいくつかの地震断面データから判断すると、これらの岩層は大陸斜面に延長しているものと推測される。これらの事実は、現在では海溝と深海となっている地帯に、古生代～中生代～新生代にきちんと記録された古陸が存在したとよく調和するにある。(Choi, 1998 による要約; Vassiliev and Choi, 2001; Smoot et al., 2001 a; を参照)。活火山の下の和達-ベニオフ帯の深度は 100～200km で、西太平洋と同じである。

図 9 の左図は主要造構帯、深発地震活動、高い山地 (アルティプラノ)、および深い海溝の間に密接な関連があることを意味する。それゆえ、海拔高度 5,000～6,000m をこえるアンデス山脈の形成は、山脈のすぐ後側の主要な深部造構帯に沿って発生する地震によって表される深部活動に帰することができる。深い海溝は、高い山脈が発達する地域に限られていて、山脈の隆起がそれに隣接する海底面の沈下によって補償されたことを示唆している。これらの事実は、地震活動に示される主要な深部造構帯とそれらの深部活動が、中-新生代の地形的高まり (山脈や島弧) と深い海溝の形成に中心的役割をはたし、また、太平洋巨大海盆の形成にも関与してきたこと (Vassiliev and Choi, 2001) の明白な証拠である。

討 論

1. 深発地震と深部造構帯

この研究を進めている間、次のようないくつかの基本的な規則性が明らかになった：

-主要な地質構造が地震の発生を規制していることは、明瞭である。これまでの地震研究は、陸と海底に記された地質構造の認識と地震の発生と分布の比較検討に欠けていた。

-私が行った研究の限りでは、多くの浅・中発地震は主要な断層系にそって活動するという関係もみられる。同様の意見は Suzuki (1993, 2001) と Suzuki et al. (1978) によって述べられた。彼らはマントル-コア境界に達する地球の深部過程によってもたらされた垂直ブロック運動の重要性を強調した。

-深発地震は沈降域で生じている。これは西太平洋で明瞭な事実である。さらに東太平洋でも同様である。すなわち、アンデス山脈沿いの南米は現在も隆起が顕著であり、深発地震が深部造構帯に沿って沈降する堆積盆地の境界に生じている；ペルー盆地の東縁、Chaco-Parana 盆地の西縁 (Choi, 2002b)。換言すれば、深発地震は、深部断層系に沿った上部マントルと地殻の沈降、ならびに、太平洋巨大堆積盆地 (Pacific Megabasin, Vassiliev and Choi, 2001) の形成、の直接的に原因なのである。

-震源集中面 (あるいは和達-ベニオフ帯) は、常に沈降ブロック側、すなわち、ほとんど現在の太平洋側へ傾いている。この事実は、和達-ベニオフ帯は、中生代に始まった太平洋巨大堆積盆地の全般的沈降に回答して形成された、もともとはスラスト/逆断層系であることを示している。

-浅発地震は、大洋の海嶺を含む構造的な高所や、主要な断層帯に沿ういくつかの場所に集中している。それは、とくに活構造運動や活火山のイベントが生じている現在の島弧地域のあらゆる場所で激しくなっている。これらの現象は、Anfiloff (1992) の “basement ridge tectonics” によってよく説明される。それは、地球の収縮により地殻が沈降するような場所で、広域的な (pervasive 広がる) 水平圧縮の結果として現れるリッジを重視している。

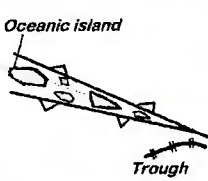
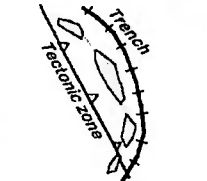

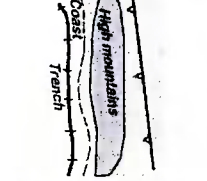
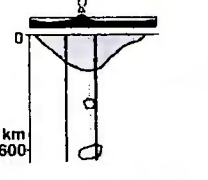
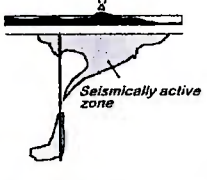
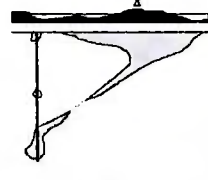
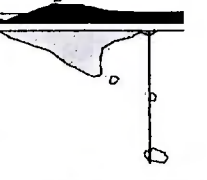
-島弧の構造方向は、深発地震/深部断層方向とそれらに関係した和達-ベニオフ帯に重複している。島弧の構造、海溝、背弧海盆は、明らかに、新期の構造的な特徴である。

-活火山、それは主として島弧内帯に生じているが、和達-ベニオフ帯がほぼ深度 100～200km に横たわる地帯に位置している。このことは火山のマグマ溜まりはこの範囲の深さに位置していることを示しているはずだ。Gutenberg and Richter (1954) は、地震は活火山の直下、100-250km の深さで生ずることを指摘した。Blot (1981) は、火山と深部活動とのよい相関に基づいて、安山岩質マグマは火山の直下 100-300km で発生すると結論付けた。このマグマ発生とそれに関連した造構運動は、島弧の隆起に主な原因である。強い地震があるにもかかわらず火山活動のない地域は、この地帯をこえて大陸斜面側にひろがる。大陸斜面域には、非火山性外弧が常に発達し、和達-ベニオフ帯が水平になる。

-深部断層、深部地震、高い山脈/島弧および海溝は成因的に密接に関連しあい、今日の環太平洋地帯を特徴づけ、ひとつの複合した構造系を形成している。この系を規制しているエネルギーは、ほぼ 600-700km あたりで生じている熱と地震活動を含む地球深部過程に由来しているに違いない。

-深部断裂の大陸側ブロックでは地震がまれであるのに対して、海洋側ブロックでは地震が集中的に発生する。この事実を考慮すると、この断裂の大陸側が安定であるのに対して、この断裂の海洋側ブロックにおいて沈降運動が一方向的に生じていると結論付けられる。このことは、地球の収縮が主に海洋地域で生じていることを、別の側面から示すものである。

DEEP TECTONIC ZONES AND WADATI - BENIOFF ZONE

Type	WESTERN PACIFIC			EASTERN PACIFIC
	Oceanic		Continental margin	Continental
	Solomon	W/SW Pacific	W/NW Pacific	South America
Plan view	 Oceanic island Trough Linear islands	 Trench Tectonic zone Island arc close to deep fault	 "Back arc basin" Multiple deep faults	 High mountains Trench Paralleling deep fault, high mountains, trench
Profile	 km 600	 Seismically active zone		
Hypocenters, focal plane	Deep-intermediate shocks occur along major deep faults. High angle W-B Zone. No clear trenches. Linear chain of islands.	High angle sigmoidal form. Semivertical; 400 to 500 km. Deepest zone low angle to semihorizontal. Deep trench. Locally double arc, outer arc non-volcanic. "Back arc basin" narrow.	Long, straight, linear, relatively low angle W-B Zone (25° to 40°) directly joins deep fault. Well developed "back arc basin" with high heat flow.	Low angle seismo-focal plane. Shallow-intermediate hypocenters tend to scatter, but locally form clear plane. Seismicity almost absent between 320 and 520 km. Deep quakes semi-horizontal, aligned on a deep tectonic zone.
Depth of trench	3,000 to 4,000 m	7,000 to 10,000 m	7,000 to 9,000 m	6,000 to 7,000 m
Height of mountains	1,000 to 2,000 m	0 to 3,000 m	2,000 to 3,000 m	6,000 to 7,000 m
Relative relief	4,000 to 6,000 m	7,000 to 13,000 m	9,000 to 12,000 m	12,000 to 14,000 m
Others	Solomon Islands	Kermadec - Tonga arc Izu/Ogasawara/Mariana arcs	Honshu arc (Japan) Banda arc Celebes Sea (Sangihe arc) Kuril-Kamchatka arc	South America

benioffz.jpg

図 11. 深部構造帯における概念化された和達-ベニオフ帯. いくつかの島弧は漸移的である; たとえば, インドネシア弧は海洋と大陸の縁辺部に挟まれたタイプに位置づけられるであろう.

2. 和達-ベニオフ帯の一般的特徴

環太平洋変動帯の大陸縁を横断するように作成された膨大な地震断面図 (NEIC データバンクから) にもとづくと, 和達-ベニオフ帯を図 11 に示されるように一般化することができる.

上で議論したように, 地質構造という手がかかりによって, 膨大な地震断面は, 和達-ベニオフ帯が深部に根を下ろしたスラスト帯であることを表している. 大陸斜面から海溝を横切る地震データも, この見方を支持している (Choi, 1987; Choi, et al., 1992).

もっとも際立った特徴のひとつは東・西太平洋の間の相違である: 深発地震, 島弧そして海溝は, 活動的な全般的沈降に影響されている; ところが, 東太平洋は隆起や海溝から台地の頂部にかけて地形的高所を伴っている (図 11). 太平洋両岸のこの第一級の差違の原因は, 特別の興味をそそり, さらなる研究を保証する. その手がかかりは下部マントルを含む深部過程に横たわっているであろう.

和達-ベニオフ帯の一般的な形態は, もともとは浅部のセグメント付近で低角, 中部から深部のセグメントで高角, そして再び底部で緩くなるような S 字状 (sigmoidal)

を呈している. 地震の不連続は, 通常, 前二者の間, 約 300km で見られるが, それが発達する深さと角度は場所場所でかなり変化する (Smoot, 1997; Smoot et al., 2001a & b). この地震の不連続は, リソスフェアの上とストリクトスフェアの下のあいだにある "無歪帯 (level of no strain)" (アセノスフェア) といわれてきた (Meyerhoff et al., 1992; 図 12). この一般的な傾向は, 異なる深度で活動する地震帯の応力場の多様性によってうまく説明されてきた. すなわち, 浅部のセグメントにおける圧縮応力 (Zoback et al., 1989) と深部のセグメントにおける展張応力 (Suzuki, 2001b), それらは主として, すでに冷えたリソスフェアと冷えきってない (あるいは冷えつつある) ストリクトスフェアによるものとされている (Meyerhoff et al., 1992). 低角から底部でのほぼ水平地帯 (600-700km) は, 物質の分化が生じているマントル内のこのあたりの深さに物理・化学的境界が存在することを示すものであろう. 地震の不連続の直上と直下にある集中帯の傾斜は大きく異なっているにもかかわらず, 地震帯は無歪帯でそれほど大きく食い違うことなく, 連結するよう見える.

ベニオフ (1954) によって分類されたように, 和達-ベニオフ帯の二つのタイプは西太平洋で認められる (図 11). それらは海洋と大陸の縁辺のタイプである:

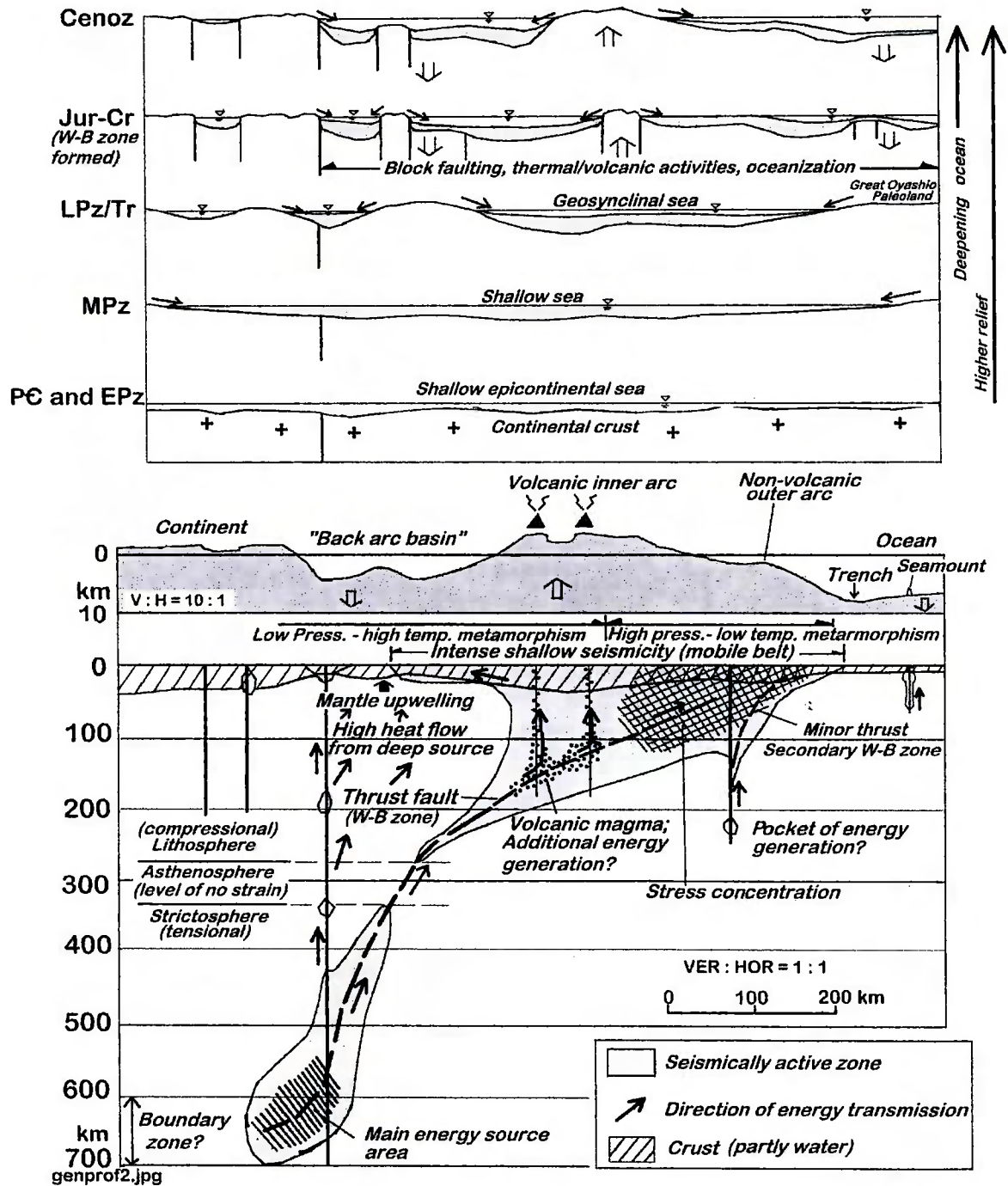


図 12. 下図：地震分布に関連した主要な構造帯を表している上部マントルと地殻の概略断面。上図：現在の環太平洋縁辺地帯を表している東アジアと西太平洋の地史。それぞれの地質時代 (Era) は陸上のイベント造山または造構運動によって境されている。和達-ベニオフ帯は、ベニオフ (1954) によってはじめて指摘されたもので、プレートテクトニクスでいわれているサブダクションに関連した面都是全く違う、もともとはスラスト/逆断層である。そのスラストは、中生代初期~新生代初期まで海溝に隣接した現在の海洋地域に存在した古陸によって明らかにされているように、中生代~新生代初期に始まった太平洋盆の全般的で相対的な沈降によって形成されてきた (Choi, 1984a and 1990; Choi et al., 1984b; Dickins and Choi, 2001)。この仮説は、地球表層の冷却による圧縮について言及している Meyerhoff ほかのサージテクトニクス (1992) を支持する。さらにこの仮説は、Blot の熱と地震エネルギーの地球深部から表層への移動 (Grover, 1998) にもうまく適応できる。深部に根ざした島弧の火山 (アルカリ) に対する、浅部に根をおく火山や海山 (ソレアイト) に注意。

1) 海洋の島弧タイプ (ベニオフの海洋断層)
 - ソロモン諸島では深部断層が直下に横たわっており、そのため島弧も海溝も十分発達していない。このような場合には、和達-ベニオフ帯は、しばしば深部断層に一

致するように、ほとんど垂直かかなり急傾斜である。
 - ケルマデック・トンガ弧や伊豆・小笠原弧のようないくつかの海洋の島弧は、深部断層に近接し、急傾斜の和達-ベニオフ帯をもつ。背弧海盆の発達が、かなり悪い。

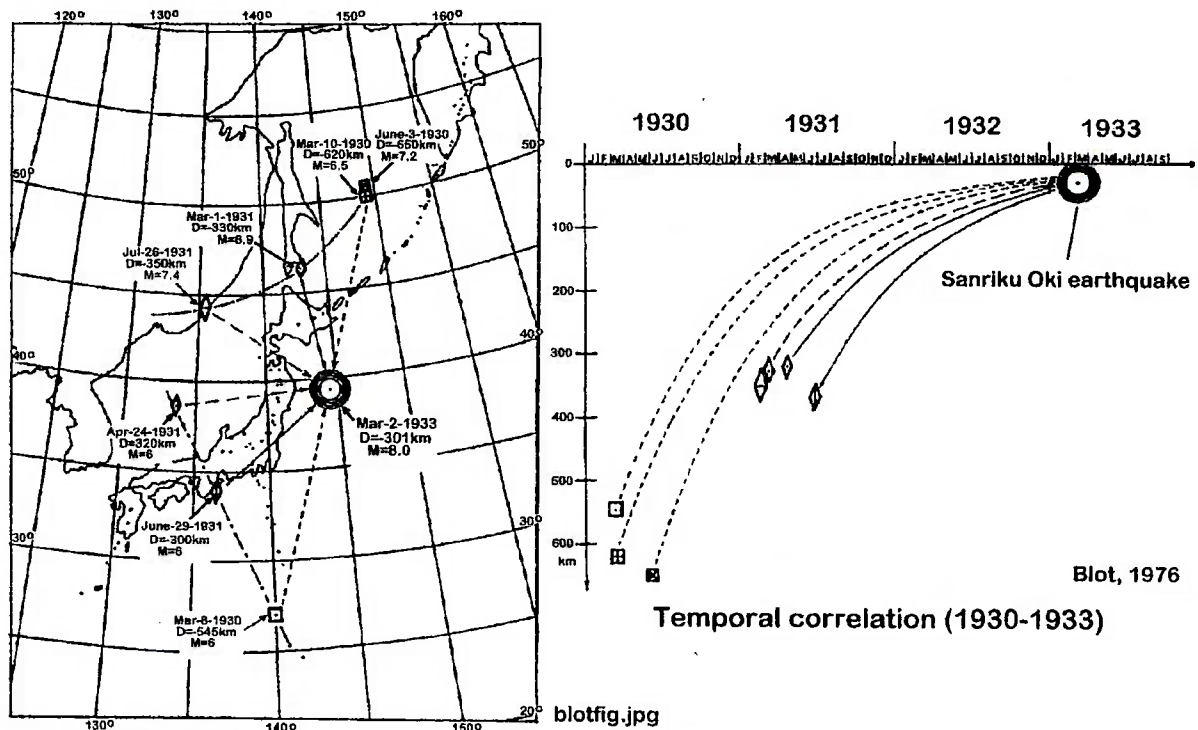


図 13. Blot のエネルギー収斂現象 (1976) は日本に適應された (Copyright Publishing Pty Ltd. から引用許可とともに, Grover, 1998 において)。この方法は、1993 年 7 月南北海道地震の予測に対して非常に精度よく應用された。

2) 大陸縁辺部タイプ (ベニオフの大陸縁辺断層)

北西太平洋の朝鮮東海 (日本海) は、広い縁海を伴い、直線的で、狭長で、低角の和達-ベニオフ帯をもっている。それは薄い地殻と高熱流量を伴い、海洋化が発達している (Tuezov, 1978) ; このような状況は、東南アジアの Banda 弧 (Banda 海), Sangihe 弧 (Celebes 海) にもあるが、後二者の熱流量は通常値である (Tuezov and Lipina, 1988)。このタイプにおける地震の不連続は明瞭ではなく、直線的な地震帯が比較的深い深部断層から直接延びている。すべての場合において、多くの深部断層が内在し、よく発達した深発面は東方へ張り出す島弧を伴い、緩傾斜で東方へ衝上している。東方へ凸の島弧とよく発達した、連続的で低角の和達-ベニオフ帯は、深部の源から広がる地震と熱エネルギーの東方への流れを示している。このシナリオは、都城 (1973 ; 図 12) によって指摘された、中央から内弧に支配的な低圧-高温変成岩に対して、外弧では高圧-低温変成岩の支配要因をうまく説明しているように思える。

太平洋を越えた南米には、別のタイプの和達-ベニオフ帯が発現している。そこでは和達-ベニオフ帯の発達には貧弱だが、いくつかの場所では直線的な、連続のいい面と深部断層への連結がかなり確認できる。その地帯は著しく低角である。断面では、中・浅部と深部の地震の明瞭な不連続がみられないにもかかわらず、図 9 の構造-地震図では、かなりの深発地震の巢であるアルゼンチンの北東縁のように、それらの間に断層が連続していることを示唆している。

上述したように、弱線を利用した和達-ベニオフ帯はスラストによって形成された。そのため、スラストの特徴をよく持っている。スラストの位置と形は、おもに地殻-マントルの沈降の角度という造構環境によって決定される。それらのスラストは断層ブロックの沈降側に発達し

ている。断層の両側が沈降するような海洋環境では、スラストの形成は明瞭ではなく、地震帯はほぼ垂直の和達-ベニオフ帯を作るような深部断層を伴っている。もし一方の側が他方よりいくぶん沈降するならば、スラストは浅部のセグメントにのみ発達する。その場合、中・深部のセグメントでは高角の和達-ベニオフ帯をつくり、浅部では低角になる。朝鮮東海 (日本海) のように、とくに、ほぼ直交する深部断層がその地域に含まれるような大陸縁辺部の環境では、海洋側の沈降は強い。この場合には、スラストは顕著に発達し、深部断層系の奥深くまで到達する。一方、南米のように海洋側の沈降が弱い場合には、スラストは明瞭に形成されない。したがって、震源集中帯の発達是不明瞭である。今日の地球表層にみられるように、島弧の形成と発達のはずはスラストが横たわっている状態を表現している。西太平洋で顕著に発達する島弧群は、沈降と東方へのエネルギーの流れが強いことを示している。そのため、その地域ではスラストの発達が顕著なのである。

上述のことは、プレートテクトニクスの主張のように下方へのプレートスラブが推定されている (Isacks and Barazangi, 1977; ほか多数) にもかかわらず、地球深部から表層への熱や地震のエネルギーの流れがあることを、我々に強く示唆している。それは Blot の“エネルギー遷移 (ET) 現象” (Grover, 1998) を強く指示している。彼は深部から浅部への地震エネルギーの移動の規則性を見いだした。このことにより、彼は図 13 に示された例のひとつのように、1 週間かその程度の範囲で、地震と火山噴火を正確に予測することが可能となった。Blot のエネルギーの収斂現象はこの図にみられるように特別に興味深いものである。二つの直交する構造帯に沿って生じている深部の地震 (shock) は、劇的に増大した地震のエネルギーとともに、破壊的な浅部地震を生じている北日本の三陸沖で後に収斂する。この事実は、私が前述

した朝鮮東海（日本海）のスラストと和達-ベニオフ帯の状態とよく合う。私は Blot の理論が特別に留意されるに値すると信じている。なぜなら、科学的にしっかりした根拠のもとに、破壊的な地震の予測を我々に認めさせているからである。

結 論

深発地震と深部テクトニクスに関する私の一連の研究で、私は地球表層部では地震の発生や分布にきびしく制御された地質構造が観測できることを示した。これはまさに、プレートテクトニクスが承認することを拒否してきたことがらである。和達-ベニオフ帯は明確にプレートの沈み込み面ではなく、深部で形成されたマントル物質およびエネルギーが、スラスト起源の溝に沿って地球表層部上方へ移動すると考えられた。和達-ベニオフ帯の誤解は改正されなければならない。サブダクション概念に極度な信頼をおく全てのプレートテクトニクス仮説は放棄されなければならない。

今日、私達が環太平洋地域で見ているものは、太平洋巨大盆地 (megaBasin) の一方的な沈降運動に由来する現象であり、それは断層系により形成された弱帯 (weak zone) を通る深部から地球表層部へのマントル物質の伝導 (transmission) である。これは今日、大太平洋地域で主に生じている地球収縮の強い兆候である。サージテクトニクスが Meyerhoff et al. (1992) によって提唱されていて、Anfiloff (1992) による基盤リッジテクトニクス (basement ridge Tectonics) は観察された事実をよく説明している。Belousov (1992) は、構造圏進化 (tectosphere evolution) の総合的な分析にもとづいて、内因的造構モデル (endogenic regime scheme) を提出し、ここに紹介したこれまでのデータは、このモデルによく適合する。

地震は、持続的に蓄積される応力に応答する地殻-マントルの自己順応 (self-adjusting) 作用であり、この応力は、主として太平洋の全般的沈降運動によって引き起

こされ、断層により形成された弱帯に蓄積した。深部に根を下ろしたスラストは深部構造帯に隣接する沈降ブロック側で発達し、それは深部から表層へ脱出する分化したマントル物質 (揮発性物質、流体、他) の導管として機能する。しかしながら、表層へ向かう分化物質の挙動に関しては、いっそうの研究が必要である。上昇にともなって減少する圧力は、それらに、どのように影響するのか？ 物質の上昇に関係して、地震はどのように引き起こされるのか。地球自転の影響はどうであるか？ 沈降運動が大きいところでは、スラストがよく発達し、和達-ベニオフ帯も発達する。島弧の上昇はでそれ自信の大きな活動があり、それは火山性マグマが生成すると考えられる深度 100~200km での活動に大きく依存しているのであろう。

和達-ベニオフ帯を通るマントル物質の上昇運動は、深部から地球表層部への Blot's エネルギーの伝導現象が支持する。彼の方法は、非常に多くの原因を証明し、火山噴火と浅発地震を正確に予測し考慮に入れており、それは正常な科学的グラウンドの社会をもたらす。それは批判的に検討、発展、そしてひろく適用されるべきである。

太平洋の東西において構造および地震パターンにみられる明瞭な相違は、注目と更なる研究が要求される。その原因は、おそらくコアを含む深部マントルで発生する作用に起因しているはずで、地球自転にも関係しているであろう。この問題に取り組むために、広範囲にわたるアプローチの研究である、ドレッジ、試錐掘削、堆積学、古地質学、フィールド地質学などの伝統的な地質学的方法と同様、地球スケール (Global scale) の断層系研究 (Smoot et al., 2001b)、地震トモグラフィ、地震層序学を含む総合研究、すなわち“ジオノミー (geonomy)” (Belousov, 1975) と呼ばれる研究が必要になるだろう。

私はこの号で、深部地震と深部造構運動のシリーズを終わりにする。次の論文で、私はいっそう注目すべきテーマに焦点をあてる予定である。

文 献

- ANFILOFF, V., 1992. The tectonic framework of Australia. In, CHATTERJEE, S., and HOTTON, N., III. (eds.), "New concepts in global tectonics". Texas Tech Univ. Press. Lubbock, p. 75-109.
- BELOUSSOV, V. V., 1975. Principles of geotectonics. Nedra, Moscow. 262p.
- BELOUSSOV, V. V., 1992. Endogenic regimes and evolution of the tectonosphere. In, CHATTERJEE, S., and HOTTON, N., III. (eds.), "New concepts in global tectonics". Texas Tech Univ. Press, Lubbock, p. 411-420.
- BENIOFF, H., 1954. Orogenesis and deep crustal structure - additional evidence from seismology. Geol. Soc. America Bull., v. 65, p. 385-400.
- BLOT, C., 1981. Deep root of andesitic volcanoes: new evidence of magma generation at depth in the Benioff zone. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., v. 10, p. 339-364.
- CARDWELL, R. K., ISACKS, B. L., and KARIG, D. E., 1980. The spatial distribution of earthquakes, focal mechanisms solutions, and subducted lithosphere in the Philippine and Northwestern Indonesian Island. In, HAYS, D. E., (ed.) "The tectonic and geologic evolution of southeast Asian seas and islands". American Geophysical Union, Geophysical Monograph 23, p. 1-35.
- CHOI, D. R., 1984a. Late Permian-Early Triassic paleogeography of northern Japan: Did Pacific microplates accrete to Japan? Geology, v. 12, p. 728-731.
- CHOI, D. R., 1984b. The Japan Basin - a tectonic trough. Jour. Petroleum Geology, v. 7, p. 437-450.
- CHOI, D. R., 1987. Continental crust under the northwestern Pacific. Jour. Petroleum Geology, v. 10, p. 425-440.
- CHOI, D. R., 1998. Geology of the Southeast Pacific. Part 2, Seismic stratigraphy of the continental margin and paleoland off central Peru. New Concepts in Global Tectonics. Newsletter, no. 8, p. 8-13.
- CHOI, D. R., 2002a. Deep-seated faults and deep earthquakes in the northwestern Pacific. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 23, p. 7-14.
- CHOI, D. R., 2002b. Deep earthquakes and deep seated tectonic zones. Part 2, South America. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 24, p. 2-7.
- CHOI, D. R., 2002c. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones. Part 3, Southeast Asia. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 25, p. 9-21.
- CHOI, D. R., 2003. Deep earthquakes and deep seated tectonic zones. Part 4, Southwest Pacific. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 26, p. 16-32.

- CHOI, D. R., VASIL'YEV, B. I., and TUEZOV, I. K., 1990. The Great Oyashio Paleoland: a Paleozoic-Mesozoic landmass in the northwestern Pacific. In, "Critical aspects of the plate tectonics theory", v. 1 (criticism on the plate tectonics theory). Theophrastus Publications, S. A., Athens, p. 197-213.
- CHOI, D. R., VASIL'YEV, B. I., and BHAT, M. I., 1992. Paleoland, crustal structure, and composition under the northwestern Pacific Ocean. In, CHATTERJEE, S., and HOTTON, N. III. (eds.), "New concepts in global tectonics". Texas Tech Univ. Press, Lubbock, p. 179-191.
- CORVALAN, J. and others, 1985. Geologic map of the Circum-Pacific region. Southeast Quadrant. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, Tulsa.
- DICKINS, J. M., and CHOI, D. R., 2001. Neogene events and the modern world. *Himalayan Geology*, v. 22, p. 199-206.
- DICKINS, J. M., CHOI, D. R. and YEATES, A. N., 1992. Past distribution of oceans and continents. In, CHATTERJEE, S., and HOTTON, N. III. (eds.), "New concepts in global tectonics", Texas Tech Univ. Press, Lubbock, p. 193-199.
- EBERHART-PHILLIPS, D., and 28 others, 2003. The 2002 Denali Fault earthquakes, Alaska: a large magnitude, slip-partitioned event. *Science*, v. 300, p. 1113-18.
- GROVER, J. C., 1998. Volcanic eruptions and great earthquakes. Copyright Publishing Co., Pty Ltd., Brisbane, 272p.
- GUTENBERG, B., and RICHTER, C. F., 1954. Seismicity of the Earth and associated phenomena. Princeton Univ. Press, Princeton, N.J., 310p.
- ISACKS, B. L., and BARAZANGI, M., 1977. Geometry of Benioff zones: lateral segmentation and downwards bending of the subducted lithosphere. In, TALWANI, M. and PITTMAN, W. C., III (eds.), "Island arcs, deep sea trenches and back-arc basins". American Geophysical Union Maurice Ewing Series I, p. 99-114.
- MEYERHOFF, A. A., MORRIS, A. E. L., MARTIN, B. D., AGOCS, W. B., and MEYERHOFF, H. A., 1992. Surge tectonics: a new hypothesis of Earth dynamics. In, CHATTERJEE, S., and HOTTON, N. III, (eds.), "New Concepts in Global Tectonics". Texas Tech Univ. Press, Lubbock, p. 309-409.
- MIYASHIRO, A., 1973. Metamorphism and metamorphic belts. New York, John Wiley and Sons, 242p.
- MUEHLBERGER, W. R., 1996. Tectonic map of North America. Scale 1:5,000,000. American Association of Petroleum Geologists.
- MURDOCK, J. N., 1969. Crustal-mantle system in the Central Aleutian region - a hypothesis. *Bull. Seismological Society, of America*, v. 59, p. 1543-1558.
- MURDOCK, J. N., 1998. Production of great arcuate troughs and their subsequent deformation; a case study, the Aleutian island arc. Part I. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 9, p. 23-28.
- 0'DRISCOLL, E. S. T., 1986. Observations of the lineament-ore relation. *Phil. Trans. Royal Soc. London*, v. A-317, p. 195-218.
- SLOSS, P., 2000. Surface of the Earth. World Data Center for Marine Geology and Geophysics, Boulder. Report MGG-5R. National Geophysical Data Center.
- SMITH, W. H. F., and SANDWELL, D. T., 1997. Measured and estimated seafloor topography. World Data Center-A for Marine Geology and Geophysics Research Publication RP-1 Poster, 34"x53".
- SMOOT, N. C., 1997. Earthquakes at convergent margins. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 4, p. 10-12.
- SMOOT, N. C., 2001. Fingemails, GPS, and Pacific Basin closure. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 21, p.24-25
- SMOOT, N. C., and CHOI, D. R., 2003. The North Pacific Megatrend. *Intern. Geology Review*, v. 45, in press.
- SMOOT, N. C., CHOI, D. R., and BHAT, M. I., 2001a. Active margin geomorphology. Xlibris Corporation, 164p.
- SMOOT, N. C., CHOI, D. R., and BHAT, M. I., 2001b. Marine geomorphology. Xlibris Corporation, 310p.
- SMOOT, N. C., and LEYBOURNE, B. A., 2001. The Central Pacific Megatrend. *Intern. Geology Review*, v. 43, p. 341-365.
- SUZUKI, Y., 2001a. A proposal of three dimensional geotectonics. *Himalayan Geology*, v. 22, p. 27-32.
- SUZUKI, Y., 2001b. A geotectonic model of South America referring to the intermediate-deep earthquake zone. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 20, p. 17-24.
- SUZUKI, Y., 2001c. Kiyoo Wadati and the path to the discovery of the intermediate-deep earthquake zone. *Episodes*, v. 24, p. 118-123.
- SUZUKI, Y., KODAMA, K., and MITSUNASHI, T., 1978. The formation of intermediate and deep earthquake zone in relation to the geologic development of East Asia. *Jour. Phys. Earth, Suppl.*, v. 26, p. 471-476.
- TUEZOV, I. K., 1978. The basic feature of geological structure of the Japan Sea floor. *Ind. Nauka*, 246p., Moscow (in Russian).
- TUEZOV, I. K., 1984. Heat flow of the western Pacific, Eastern Asia and Australia. Institute of Tectonics and Geophysics, Academy of Science, USSR. 121p. (in Russian).
- TUEZOV, I. K., 1998. Tectonics, structures, geodynamics and geological nature of the west Pacific active margin, Part 1. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 7, p. 16-23.
- VASSILIEV, B. I., and CHOI, D. R., 2001. Geology of the deep-water trenches and island arcs of the Pacific. Vladivostok, Dalnauka, 184p.
- WADATI, K., 1935. On the activity of deep-focus earthquakes in the Japan Islands and neighborhoods. *Geophys. Magazine*, v. 8, p. 305-325.
- YOSHII, T., 1979. A detailed cross-section of the deep seismic zone beneath northern Honshu, Japan. *Tectonophysics*, v. 55, p. 349-360.
- ZOBACK, M. L., ZOBACK, M. D., and Compilation Working Group, 1989. Global patterns of tectonic stress. *Nature*, v. 341, p. 291-298.

地震分布様式再論 MORE ON EARTHQUAKE PATTERN

Peter JAMES PO Box 1079, Fortitude Valley, QLD 4006, Australia

(角田 史雄 + 矢野 孝雄 [訳])

深発地震と火山活動との関係を述べた John Grover 氏の著書は、このニューズレターでも何回かにわたって紹介した (N.C. #26, 2003 年 4 月)。この本の筆者が指摘したように、この著書は、地震の分布様式についての議論をすすめる、という意味では意義があった。しかし、Grover 氏のフランスの地震学者 Claude Blot 氏に対する批判を細部にわたって検討してみると、私自身が火山について知らなさすぎるためなのかも知れないが、明快とはいえない論調である。そこで、私が正しいと信ずる、深発地震の振る舞いについて、再びコメントしたい。

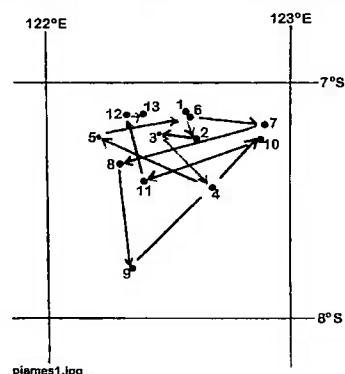


図1 インドネシア
深部地震
1996年6月17日

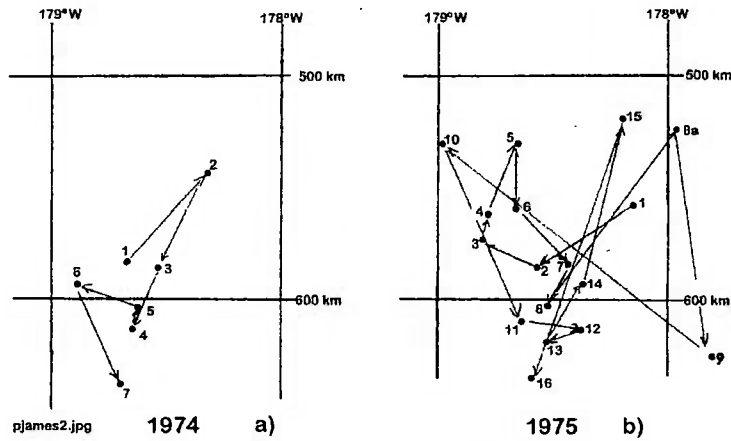


図2 トンガ深部断層

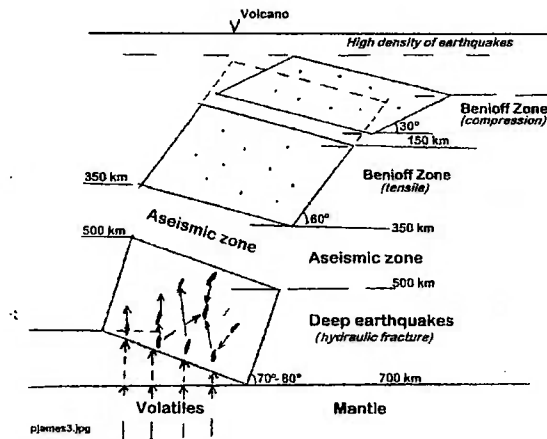


図3 提案された地震カテゴリー

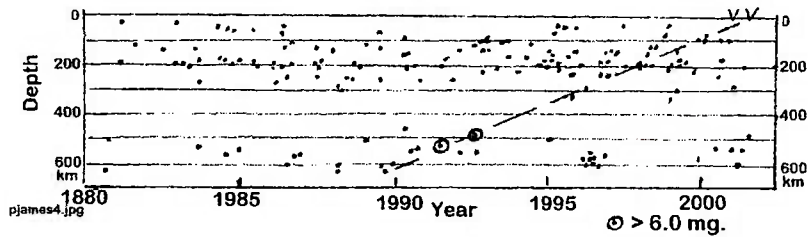


図4 インドネシア 地震発生歴

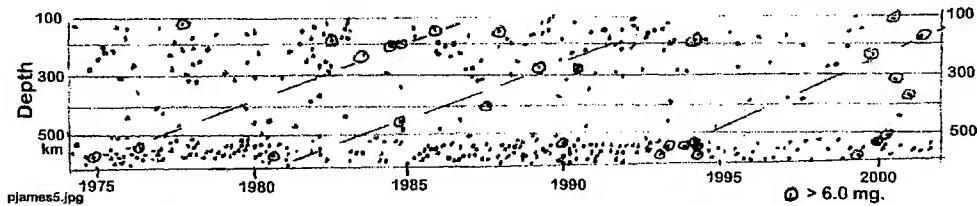


図5 トンガ (南緯 17°) 地震発生歴

深発地震の震源が深さ450~500km以深であることはDong Choi氏 (N.C. #26) によって示されている。これらの地震は、本来、環太平洋地域で発生している；弧状に分布するのが、ごく一般的である。しかし、ときには、ひとつながりのビーズ玉のように連なっている。さらに、あ

る場合には、トンガ地域で観測されるように、密集して分布することもある。こうした多くの事例では、たいてい1つの場所で、非常にみじかい時間間隔で発生している。図1は、インドネシアにおける70km x 20kmの広さのところ、わずか1~2時間以内のできごとである。

M=7.9 の大地震は、M=4 や M=5 の地震がたくさん起こるなかで発生している。これよりずっとはげしい動きがみられるトンガ地域では、この種のことが短時間にしょっちゅう起こる。#12 から #16 までのニュースで紹介した (1975 年) ような事例を考えれば、こうした深発地震のうごきは、ほぼ垂直で直線的な方向になっている、と考えられる。

かりに、こうした深発地震の事例が、高圧下で上部マントルからの脱ガスに関連した水圧破碎で起こるものならば、地球内部になんらかの境界を想定しなければならない。さらに、先号のニュースで Dong Choi 氏が指摘したように、最深部でベニオフゾーンが水平になっていることについても説明が求められるから、どちらかを選ばなければならなくなろう。深発地震の発生深度の限界が 650km オーダーで観測されているのであるから、少なくとも地球上では、深さ 700km に、上部マントルの境界を想定できる地域が存在する。

このような筆者の見方からすれば、一般的な地震像というものは、図 3 のように示すことができる。まず、ある方向をもった細長い裂か系からの脱ガスが起こる。つぎに、たぶん 675~450km 深度で、水圧破碎が起こるが、なんらかの理由でこれが止む。地震の活動が弱かったり、なかったりするゾーンでは、日本などのように無い場合もある。

この無地震層の上に、よく調べられた 2 つのベニオフゾーンがある。その下のものは、過去に引張裂かのできる条件下におかれたことがある。上のものは圧縮状態におかれている。さらにいえば、ほとんどの地震は上部地殻で起こるが、その深さは、大きな水圧破碎やジオイド応力が作用する地下 25~35 km より上の部分である。

より深部のデータは、ちがったかたちでプロットされる。図 3 を通ってベニオフ帯に垂直な断面をえがくと、図 4 のような地震と時間の相関図がえられる。活動には脈動性があるようにみえるが、これは、事実というよりも、作図法の結果がより大きく反映されているようだ。これらの図にはいくつかの傾向が認められ、主要な地震が上方へ移動する傾向を示す。

Gover の本に概要が述べられているように、火山予知のためにこのような図を用いるとすると、無地震帯を横切る相互関連をどのように説明するか、というおおきな問題が生じる。著者の現在の理解では、このような関連を確証するデータはなにもない。もちろん、無地震帯における活動は、従来の方法で観測するにはあまりにも小規模なのである。

ほかにも、いくつか重要なことがらがある。

- トンガでは、深発地震活動が活発であるが、中深度には地震活動の空白があり、そこでは、わずか 4 個の地震が記録されているだけである。
- トンガに比べると、インドネシア、カムチャツカなどの地域では深発地震活動が微弱であるが、その島の島弧には多くの火山が存在する。
- インドネシアでは、深発地震活動が西へむかって弱まる。クラカトア火山は、深発地震配列の最西端のはずれに位置するが、これを除くと、火山活動も同様の傾向を示す。
- アリユーションでは深発地震はみられないが、多くの火山が配列する。
- ピナツボ火山とセントヘレンズ火山の近くには、深発地震帯はどこにもない。

このようないくつかの関係から、火山活動が、揮発性物質の上方移動とともに、いずれの場所においても上部地殻の性質にも大きく依存していることが示唆されているように思われる。深発地震が地表に近接しているところでは、地殻下における圧力は、おおきな問題にはならない。前号のニュースレターで Dong Choi が紹介したように、そのようなところ (たとえば、地表の池の水が沸点にちかいトンガやおそらく Lihir 島) の熱流量が大きいおとが興味深い。対照的に、厚い地殻に覆われているところでは、揮発性物質やマグマの圧力の解放がより困難であり、それゆえ、大規模な火山噴火を引き起こすには時間切れとなる。そのような地域では、噴火発生のために十分な火道を開くために、大規模地震の発生が必要とされる。しかし、後者のタイプの地域では、Blot が彼の結論を導いたニューヘブリディーズのような地域よりも、中深度地震の発生から大噴火にいたるまでの過程の進行速度がずいぶん遅くなるであろう。

出版物 PUBLICATIONS

サブダクションは勘定にあわない
SUBDUCTION FAILS TO CHECK OUT

I.A. REZANOV
Vavilov Institute for the History of Natural Sciences and Technology, RAS
Staropanskiy pereulok, 1/5, 109012 Moscow, Russia
E-mail: postmaster@ihst.ru

(小泉 潔 + 川辺 孝幸 [訳])

Dulnauka出版(ウラジオストク)が、2人の著名な地質家によるロシア語の著書 —B. I. Vassiliev and D. R. Choi (2001), "Geology of Trenches and Island Arcs in the Pacific Ocean". Dalnaka, Vladivostok— を出版した。

Dal'nauka, 2001, 183p.

本書は太平洋海盆を取り巻くの特異な造構性構造（島弧とそれに隣接する海溝）と歴史を提示する。これらの構造形態に対する最近30年間の興味は、次のような事実によっている。プレートテクトニクスの見地から見て、海洋地殻が中央海嶺（これがスプレディング〈拡大〉といわれる）の軸部で形成され、下にあるマントルとともに海洋の周辺部に向かって移動し、海溝の島弧斜面でマントル中に沈下していく（これがサブダクション〈沈み込み〉といわれる）。サブダクション（リソスフェアの消費）がなければ、拡大は不可能になる。というのは、中央海嶺で形成されるリソスフェアはどこにも動くことができない。

サブダクションモデルは、海洋堆積物が海溝の島弧側斜面上で付加体（クサビ）を形成して融合しているのに対して、海洋地殻が海溝下でマントルに潜り込んでいることを示している。サブダクション仮説に賛成するもう一つの論拠は、震源帯の傾斜方向に方向づけられた震源での圧縮と引張応力の発生である。第三の論拠は、地震観測で感知された震源（ベニオフ）帯に平行なマントル中の高速度層である。プレートテクトニクスの見地から、その起源は潜り込む“冷たい”リソスフェアの高密度と高弾性波速度によって説明されている。VassilievとChoiの著書が、最初に、そして明らかにプレートテクトニクスの支持者によって提示されているサブダクションモデルを支持する主要な論拠を否定した。

この著書のたくさんの長所は、太平洋周縁のテクトニクスについてのデータの次の五つのカテゴリーの解析である。1) 海溝に隣接する島嶼と大陸の地質構造、2) 海洋底の地形、3) ドレッジのデータ、4) 深海掘削のデータ、5) 海溝と島弧を横切る地震探査断面の解釈。

VassilievとChoiは、太平洋巨大海盆と太平洋周縁の島弧の地史の解析は3タイプに細分される、との結論を導いた。彼らによる第一のタイプは、中・古生代に始まり中新世まで発達する褶曲系—北海道—サハリン、カムチャッカ—コリアーク、アリューシャン—アラスカおよび四万十地斜—で表される。第二のタイプは、さまざまな時代の不均質褶曲基盤に発生した巨大断層に沿う造構—火山帯で表される。第三のタイプは、古期基盤に不調和に重なった現在の火山帯で表される。

もっとも興味あることは、島弧に隣接する海溝についての著者たちが集めたデータである。彼らの主な結論は、海溝の若さである。“すべての海溝は、引張の結果として地殻ブロックが段階的に断層で落ち込むことによって、後期中新世から更新世の間に、おそらく同時に形成された”(143p.)。もう一つの結論は、“島弧—海溝系は過去に類似したものがないことと、本質的に新しい全地球的な進化段階の産物であること”である(147p.)。

海溝の構造と進化の総合的な分析は、両著者を、サブダクションのメカニズムなど現実に存在しないという結論に導いた(142p.)。

VassilievとChoiは、“海溝は太平洋の外周に沿う連続的なリングを形成せず、その半分(25.600km)を占めているにすぎない”ことに注目している(128p.)。筆者らは、隣接する海溝が鞍状の高まりによって分けられている、

すなわち単一のゾーンを作っていないことを示す。

短いレビューによって、サブダクションと矛盾するすべての事実と言及することは不可能である。一例をあげるとすると、日本海溝での研究が最良である。ドレッジと深海掘削のデータは、日本海溝の島弧側斜面が前期中新世から鮮新世にかけての浅海性堆積物をとまなう大陸棚であったことを暗示する。海溝を生じさせたブロックの断層による落ち込みは、鮮新世から更新世に遅れて始まった。変形した新生代のクサビ状堆積物が、地震や島弧斜面先端の掘削によって識別された。プレートテクトニクス仮説の支持者は、それをサブダクションによって作られた付加体と解釈している。しかしながら、441と434井で貫通されたシルト岩と泥岩の礫をとまなう鮮新世の珪藻質シルト岩に覆われた上部中新統の固結し破碎されたシルト岩とタファイトが深海堆積物というよりむしろ大陸斜面堆積物であることを、VassilievとChoiが適正に示した。それらの起源をサブダクションに関係した重ねあわせのせいにする根拠はなにもない。日本列島の古地理の復元は、Choiを次の結果に導いた。堆積物は東方から、すなわち、古生代、中生代及び古第三紀を通じて大きな古陸が存在した太平洋から供給された。DSDPの掘削線沿に沿ってえられた地震波データに基づいて、Choiは海洋地殻の主要層(下部層)—彼は年代を始生代—原生代と決めた—が海溝から日本列島の直下に延びており、そこでは地向斜褶曲帯の基盤を形成している。

私の見解では、このデータ解釈は、太平洋の中に古期クラトンがかつて存在したことを実証するものである。太平洋の基盤が、日本海溝直下に保存されていて、西へ向かっては、日本列島下の地向斜複合地帯の下に広がっている。太平洋盆のクラトンの起源説は、チリ沖の太平洋盆地に関してレビューした本において、著者たちによって提案されたことに注目する必要がある。重力図と海底地形図の分析は、古構造地質学的復元と同様、南米大陸の始生代—原生代構造が沖合の太平洋へ連続して分布すること、古生代—中生代を通して南西太平洋中に古大陸が存在していた、という結論をChoiにもたらした。現在の太平洋に、かつてはクラトンが存在していたことを裏付ける重要な事実は、アリューシャン海溝の大陸斜面(DSDP 掘削 183)で掘削された漸新世—始新世堆積物の碎屑物組成が石英—長石質であることである。

レビューした本の著者たちは、海溝の地質に特有な3つの特徴—1) 堆積物が極端に薄い、2) 堆積物の層理が乱されていない、3) 堆積物が浅海成起源である—を強調している。音響断面と深海掘削によって確認されたこれらの3つの事実は、プレートテクトニクスに対して致命的打撃を与える。それらの事実が、サブダクションの概念とは、絶対に相容れないからである。

サブダクションは、震探断面によっては確認されない。この概念に従えば、震源帯はマントルに沈み込みつつある硬い冷たいリソスフェアプレートであり、深度約50km—地表の震源帯の上面は低角度(10~15°)で傾いている、と解釈されている。しかし、L.M. Balakinaは、ほとんど垂直で上方に向かう地震活動が、島弧—海溝間の斜面下のリソスフェアでは、現実に卓越していることを立証している。サブダクションの概念(プレートの移動方向への引張または圧縮応力を伴う、硬いプレートのマ

ントル中への下方向の沈み込み)とは反対に, Balakina は, 島弧-海溝間斜面の直下の深さ 100km 以浅の部分に, 島弧伸長方向を横切る圧縮応力を識別した.

サブダクションを支持する最後の論証は, 震源帯における高地震波速度層の存在である. プレートテクトニクス論者は, "冷たい" (そして, それによって密度が高く高速度である) リソスフェアプレートの沈み込みによると説明する. しかし, 超深度断層帯の岩石の高密度は, 何よりも, 揮発性物質の欠如による. このゾーンが冷たくのではなく, 反対に, 流体によって運搬される対流的な熱流による, 熱いと信じる根拠がある. そしてこれが強烈な火山活動によって証明される. これは, サブダクションをみかけの上で証明したとするすべての主張を根絶する. Vassiliev と Choi によって書かれた本は, サブダクションのアイデアを粉砕するだけでなく, 第 8 章において, この仮説の前提を批判する. 著者たちは (p. 113), 「不幸にも, プレートテクトニクス仮説は, 過去数 10 年にわたって盲目的崇拝物になってきた. そして, これは現代地質学のほんとうの悲劇である. プレートテクトニクスを抜きに, 20 世紀最後の四半世紀における地球科学の発展をおもいうかべることは困難である. しかし, あらゆる可能性について研究がすすめられていたとすれば, 科学の進歩はもっと速く, ドグマを強要されることもなかったであろう. 現存するありとあらゆるデータがこのドグマに適合させられ, しかも, それらの中には, プレートテクトニクスに明白に矛盾するデータも含まれていた. プレートテクトニクスから地質科学がこうむった最も重大なダメージは, 『何ものにも抗してプレートテクトニクスの仮説群を信頼し, 地質学および地球物理学的データに対する他のいかなる可能な解釈に対して絶対的に無知な』地質家たちの世代を育てたことである」と述べた (New Concepts..., 1989). Vassiliev と Choi は, プレートテクトニクス仮説を否定する多くの事実を与えている. たとえば, 下部マントルの高粘性 (10^{25}

Pa) では対流が不可能であること, アセノスフェアは局所的にしか存在せず, プレート運動の汎地球的潤滑剤の役割を果たすことは不可能であること, 大陸下では大陸根が深さ 400km にまで伸びていて, リソスフェアプレートの厚さをはるかにうまわること, 中央海嶺が拡大以前の岩石から構成されていることなど, そして, その他多くの事実を与えている.

最後の第 9 章は, 地球の太平洋-アフリカの非対称性をとりあげる. 筆者たちはこれについて, 地球-月系の発端という, 宇宙的要因によって説明している. すなわち, 「最も実証された存在する仮説は, 月の分離によるもの, 隕石によるもの, 隕石によるものである. 読者が何を好むとしても, これら両方は, 地球の第一次的リング構造の発生を満足させる説明である (p. 165).」.

私は, N. A. Boganov が示すように, 太平洋縁が原生代後半に発生し, かなり長い間 (約 1400~975Ma) 続いたと考えているので, 太平洋海盆の発生を, 地球進化の初期段階におけるある種のイベントに期する必要はないと信じている. 太平洋縁はほぼ全ての縁で先 Riphean クラトン (南極, オーストラリア, 中国, シベリア, 北アメリカ, そしてブラジル) にとりかこまれていることを考慮すると, 我々は, これらのクラトンに類似した先 Riphean クラトンが, 太平洋海盆の中にもかつては存在していたことを無難に提案できるであろう.

Vassiliev と Choi によるこの本は, 伝統的な研究方法にしたがって書かれている. その基本的な考え方は, 観察された一連の地質学的事実の総合的分析, ならびに, 地球物理学的データの解釈による補足にもとづくものである. この著書は, 現代地質学における一つの根本問題『地球最大の巨大凹地の成因』の解明を確実に促進するものである.

DEPLUMING OF THE EARTH (熱プルームの問題点) Jones Nicola: "Volcanic Bombshell". New Scientist, p. 33, 2003 年 3 月 8 日

(矢野 孝雄 [訳])

この 40 年間ほどの間, 地質学者たちはハワイとイエローストーンは解決済みの問題であると信じてきた. これらの 2 つの場所 (そして他のいくつかの場所) は "mid-plate" 火山活動の中心的存在として有名である (すくなくとも, 地質学者と地球物理学者には).

ほとんどの火山は, 地球のテクトニックプレートの縁辺近くで (そこでは海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込んでいる) 噴出している, 私たちの惑星の皮殻にあるこれらの弱点が火山活動の場になっていることを明瞭に示す. しかし海洋プレートの中央部の火山群 (ハワイ) および大陸プレートの中央部 (イエローストーン) に位置する火山は異常である. すくなくとも, J. Morgan が "thermal plumes" というアイデアを提案した 1970 年代前半までは, これらの火山はたしかに異常な存在であった. thermal plumes は, 2,900km の深さにある地球コアから地表へむかって上昇する高温マグマの噴泉であると

みられている. thermal plumes が地表にちかづいたところではどこでも, "hot spot" ができる. mid-plate 火山を御覧あれ!

さらに, これらのホットスポットは, 固定されたホットスポットを横切ってプレートがゆっくりと移動するにつれて次第に若くなっていく火山列を形成することがある. ハワイやツァモス諸島のような mid-plate 火山列を御覧あれ! こうして, thermal plume が地質学的パラダイムの 1 つの鍵になった.

崇拝される地位にありながら, thermal plumes という概念は次の欠点をもつことが指摘されてきた:

- mid-plate 火山のマグマは, プレート縁のマグマと本質的に異なるものであり, 別個のメカニズムが働いていることを示唆する.
- thermal plumes は確定されていない仮説であり, 未だ

に確証されない。

・ 確実なホットスポットとされるアイスランドの地下構造の地震学的研究は、thermal plumes が存在しないことを明らかにした。

・ 同様に、イエローストーンの地下にはマグマが存在するが、わずか 200km の深さに存在するマグマ体であり、a thermal plumes である可能性はほとんどない。

・ 驚いたことに、thermal plumes の地表への反映と考えられているハワイ、イエローストーンなどにおいて、高温のコアから直接上昇してくるマグマの湧昇流として期待される大量の熱の漏逸は存在しない。

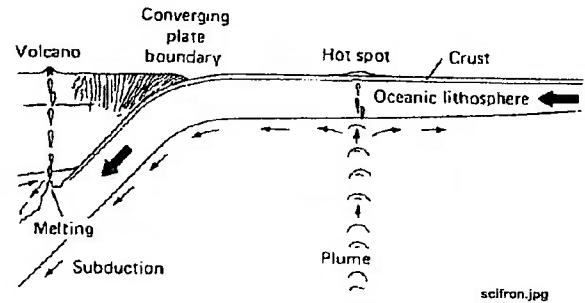
疑念をいだく人々は、thermal plumes の代わりに、テクトニックプレート中の応力性の裂罅を想定しようとする。

[編集者のコメント]

thermal plume パラダイムが瓦解した場合、それでもプレートテクトニクスは命脈を保つことができるであろうか？

出典：Science Frontiers, no. 147, p. 3-4, 2003.

<連絡先> Sourcebook Project, P.O. Box 107, Glen Arm, MD 21057, USA. E-mail: www.science-frontiers.com



a thermal plumes による海洋中央ホットスポットの形成仮説 (A.N. Strahler; Science and Earth History) .

ニュースレターについて ABOUT THE NEWSLETTER

このニュースレターは、1996 年 8 月に北京で開催された第 30 回万国地質学会のシンポジウム "Alternative Theories to Plate Tectonics" の後でおこなわれた討論にもとづいて生まれた。New Concepts in Global Tectonics というニュースレターのタイトルは、1989 年のワシントンにおける第 28 回万国地質学会に連携して開催された、それ以前のシンポジウムにちなんでいる。

目的は次の事項を含む：

1. 組織的照準を、プレートテクトニクスの観点に即座には適合しない創造的な考え方にあわせる。

2. そのような研究成果の転載および出版を行う。とくに検閲と差別の行われている領域において。
3. 既存の通信網では疎外されているそのような考え方や研究成果に関する討論のためのフォーラム。それは、地球の自転や惑星・銀河の影響、地球の発達に関する主要学説、リニアメント、地震データの解釈、造構的・生物学的変遷の主要ステージ、などの視点から、たいへん広い分野をカバーするべきものである。
4. シンポジウム、集会、および会議の組織。
5. 検閲、差別および犠牲があった場合の広報と援助

NCGT 日本サブグループのコラム

イタリア万国地質学会後の NCGT ワークショップへいまずぐ申込を！

- ワークショップ：万国地質学会（イタリア）について、2004 年 8 月 29-31 日に NCGT ワークショップ『グローバルテクトニクスの新概念：地質学の根本問題を中心に』がウルビノ大学で開催されます（本号 p. 3~4 のニュース）。
- 申し込み：先着 40 名のため、間もなく締切になります。ご希望の方は、WEZEL さん (wezel@uniurb.it; wezel@alma.unibo.it) へ至急ご連絡下さい。あわせて、右書式の講演要旨を E-mail で WEZEL さんへお送り下さい。
- ヨーロッパ横断：ワークショップ終了後、日本人参加者の有志で、イタリアからアルプスをこえて北欧までの巡検（レンタカー利用）を計画しています（9 月上旬/約 1 週間）。詳細は未定ですが、あわせて、ご検討いただければ幸いです。

Is Subduction a Real Phenomenon? – New Problems and Paradoxes in the Trench-arc-backarc zones. (Times New Roman 14 (Times New Roman bold 14p.)

William W. Hayford^o, George J. Adamson[^], James C. Green[§] (Times N.R. bold 12p.)

^o University of Colorado, Boulder, CO 80309, USA – wwhorda@umcol.edu (Times N.R. italic 12p.)

[^] University of Texas, Kirkwood, TX 42359, USA – adamson@jstxtech.edu

[§] University of Colorado, Boulder, CO 80309, USA – greenjc@unicol.edu

Abstract (Times N.R. bold 12p.)

(Times N.R. 12p.) Benioff supposed that oceanic plates plunged under the continent reverse faults, causing trenches, and thus explained earthquakes down to 700 km. volcanism. Plate tectonicists willingly accepted Benioff's hypothesis to explain why

講演要旨書式見本 (1 ページ以内)

『新潟夏の陣』開催のご報告と御礼

秋冷の候、お元気でますますご活躍のこととお慶び申し上げます。

多くの方々の全面的なご尽力・ご協力によりまして、ウラジオストクからロシア科学アカデミー太平洋海洋学研究所のワシリエフさんをお招きして、『新潟夏の陣』（2003年8月3日～17日：15日間）が開催されました。その結果、太平洋底および環太平洋変動帯における最新の研究成果を相互に交流することができました。

ワシリエフさんの35年間にわたる太平洋底のご研究は、それに先だつシベリア東部（バイカル湖以東の全域）の陸上地質踏査の実績にうらうちされたもので、龐大なドレッジ・音波探査を中心に深海掘削の成果も総合して、陸上地質と同じ視点で「太平洋地質図」が集大成されたとの由です。『夏の陣』では、海洋底の地質の実態を太平洋を中心に、大西洋・インド洋・北極海を含めて、3回にわたってご講演いただきました。

『夏の陣』の成果は、今後いくつかの出版物にとりまとめられる予定です。すっかり遅くなってしまい恐縮ですが、まずもって開催のご報告をさせていただきます。また、太平洋をはじめとする海洋底の真の姿をご紹介いただきましたワシリエフさん、激務のなか連絡調整と通訳をして下さいましたユーゴフさん、ならびに、たいへんご多忙のなか、また出費多端なときに多大なご尽力とご援助をいただきました多くのみなさまがたに、準備委員会一同、心より厚く御礼申し上げます。

地質事実にもとづく確かな地球観の創造をめざして、ひきつづき、力をあわせて前進できればと存じます。今後とも、よろしくお願ひ申し上げます。

遅ればせながらご報告と御礼、ならびに、重ねましてお願いまで。

2003年11月1日

『新潟夏の陣』準備委員会（準備委員会は、代表者・顧問および下記の3つの世話人会で構成）

準備委員会代表者

鈴木尉元

準備委員会顧問

藤田至則

1) 新潟総会学術シンポジウム」世話人会

代表者

久保田喜裕

メンバー

稲葉 充（民間、石油地質）

岡村 聡（極東の火山岩）

川辺 孝幸（堆積、構造）

久保田喜裕（資源・環境地質）

小室 裕明（実験構造地質）

宮城 晴耕（教育、岩石学）

矢野 孝雄（テクトニクス）

2) NCGT 第2回やまなみ談話会世話人会

代表者

角田史雄

庶務

窪田安打・矢野孝雄

進行

足立久男・佐瀬義和・川辺孝幸

会場

久保田喜裕・佐々木拓郎

南洋諸島の地質研究

赤松 陽・足立久男・金井克明

佐瀬義和・宮川武史・宮城晴耕・

岩本広志・宮城晴耕

歓迎コンパ

3) ワシリエフさんをおまねきする会世話人会

代表者

小坂共栄

庶務

窪田安打・矢野孝雄

募金

岩本広志・金井克明・国末彰司

ピサ・航空券

立澤富朗・角田史雄

信州大学講演会・見学会

小坂共栄・小松宏昭

発表資料・PPT 準備

川辺孝幸・矢野孝雄

記録・写真

川辺孝幸・小坂共栄

本号のハイライト (p. 23-25)

I.A. REZANOV (ロシア科学アカデミー自然科学史・工学史研究所) による出版物の紹介から

「不幸にも、プレートテクトニクス仮説は、過去数 10 年にわたって盲目的崇拜物になってきた。そして、これは現代地質学のほんとうの悲劇である。プレートテクトニクスを抜きに、20 世紀最後の四半世紀における地球科学の発展をおもいうかべることは困難である。しかし、あらゆる可能性について研究がすすめられていたとすれば、科学の進歩はもっと速く、ドグマを強要されることもなかったであろう。現存するありとあらゆるデータがこのドグマに適合させられ、しかも、それらの中には、プレートテクトニクスに明白に矛盾するデータも含まれていた。プレートテクトニクスから地質科学がこうむった最も重大なダメージは、『何ものにも抗してプレートテクトニクスの仮説群を信頼し、地質学および地球物理学的データに対する他のいかなる可能な解釈に対して絶対的に無知な』の地質家たちの世代を育てたことである」(p.113).

B.I. Vassiliev and D.R. Choi (2001)
"Geology of Trenches and Island Arcs
in the Pacific Ocean". 183p.,
Dalnauka, Vladivostok.

寄贈いただいておりますが、
残念なことにロシア語をよむこ
とができません。

どなたかアウトラインだけで
もご紹介いただけませんか？
うか？

ご連絡を矢野宛いただければ、
幸いに存じます。

