

北西太平洋の構造地質

Yu. M. PUSHCHAROVSKII and Ye. N. MELANKHOLINA*

岸本文男**訳

この論文は、ソ連の海洋調査と深海試錐の最近の資料に基づいて、北西太平洋の各種の構造の組合せを検討したもので、地殻の標準断面を備えた海盆、地殻の異常厚度を有するシャツキー海膨とヘッス海膨、天皇海嶺、大規模海底断裂、海溝縁隆起帯、海溝を含んでいる。これらの構造の相互関係、東アジアの大陸縁の構造とそれらの構造との関係が論じられている。

太平洋の北西部分は、アリューシャン海溝、クリル(千島)-カムチャツカ海溝、日本海溝に接する広大な範囲を包括している。最近10-15年間の公刊文献では、構造地質系、すなわち、縁海-島弧-海溝の構成と構造発達史に大きな関心が集まっているが、大洋の隣接部分はあまり解析されていない。同時に、太平洋の北西部分はそこにみられる構造形態が多様なため、構造地質を研究する観点からすると、興味津津たるものがある。その構造形態の研究は、広大な海底地域における変形と構造運動の性質の解明に役立ち、その構造の進化の特徴を明らかにすることができ、大洋と大洋隣接帯における地質発達史上の大事件が比較できる可能性を開いてくれる。そのような比較分析は、まだほとんど行われていないところが、地殻の構造力学に関する真の知識をもたらすはずなので、きわめて重要な研究方向といえる。

最近、太平洋北西部にいくつかの海洋調査班が派遣された。それは、ソ連科学アカデミー世界海洋問題委員会の枠内で行われ、当該地域の構造地質・火成活動・地球物理の研究を予定した特別研究の実施のためのものであった。調査班は多くの、新しい資料をもたらした。特に、1978年と1979年にソ連科学アカデミーの海洋学研究所と地質研究所によって実施された海洋調査船“ドミトリー メンデレーエフ号”の第21回調査航海と第23回調査航海がそうであった。本論文で、これらの調査班によって得られた資料に照らして、太平洋北西部の構造地質

と構造発達史の問題が検討されるだろう。

1. 今までの構造地質的概念

1950-1960年代には、北西部も含めた太平洋底が“タラソクラトン”，すなわち、大洋地殻の硬い大陸卓状地の類似体ないし同一体と称されたこともまれではない。この用語は構造運動がきわめて微弱にしか現われなかったことを強調しており、大洋に典型的なものとされている。しかし、資料が蓄積されるにしたがって、次第に別の概念が育ち、地質学者たちは、大洋底の地質構造が大陸卓状地地域の地質構造と大きく異なっていると主張するようになり、そのため、“タラソクラトン”という用語は適当な注釈や条件つきで使われるようになった(Tectonics of Eurasia, 1966; Udintsev, 1972)。1970年代のはじめに、この用語を完全に廃棄するよう提案がなされた(Pushcharovskii, 1971)。同時に、何人かの学者は以前とは変わった形で新たに“卓状地”という用語を、そして“タラソクラトン”に代えて“大洋卓状地”を用いるよう提起した(Bogolepov, Chikov, 1976)。H. W. Menard (1964)とP. N. Kropotkin (Kropotkin et al., 1964)は“タラソクラトン”の概念を採用せず、別の用語、前者は“太平洋盆地(Pacific basin)”，後者は“大洋地殻域(область океанической коры)”を用いた。

この期間の特徴といえば、地殻の構造についての地球物理学的な資料を用いて、太平洋北西部の構造地質の解析に構造形態からアプローチしていったことであろう。

天皇海山群とハワイ海嶺から西に広がる全区域は、G. B. Udintsev (1972)によって、タイプと構造を異にするシャツキー海膨、ゼンケビチ海膨、オブルーチェフ海膨のために複雑化した、北西海盆と考えられている。ヘッス

* Ю. М. Пушаровский, Е. Н. Меланхолина (1981): Тектоника северозапада Тихого океана: «Геотектоника», no. 1, стр. 5-18 (Yu. M. Pushcharovskii, Ye. N. Melankholina (1981): Tectonics of the north-western Pacific ocean: «Tectonika», no. 1, p. 5-18, in Russian)

** 鉱床部

隆起と天皇断裂帯は、当時まだ記載されていなかった。同じ原理にしたがって、Yu. M. Pushcharovskii (1971, 1972) も構造地質区区分を行っている。

太平洋北西部に対する構造地質論の発展のなかで特別な段階を画したのは、プレートテクトニクスの概念の出現である。この区域は、海溝の方向に動き、サブダクションの結果として深部にもぐりこんでいる、巨大な太平洋岩圏プレートの一部と考えられるようになった。現在のところ、本論文でとり扱う区域に関して岩圏プレートテクトニクス支持者たちの構造運動論と地球力学論は、非常に複雑なものとなってきている。まず第一に、中生代後期と新生代に異なる方向に運動する三つのプレート、すなわち、不安定な三重の接合面をもったクラブプレート、ファラロンプレート、太平洋プレートがこの区域に存在するという考え方を認める必要がある (Larsen, Chase, 1972; Hilde et al., 1977; Byrne, 1979; など)。

この考え方の基礎となったのは、線状の磁気異常分布である。なかでも、シャツキー海膨がクラブプレートとファラロンプレート間のトランスフォーム断層に一致することが大きな根拠となっている (Hilde et al., 1976)。プレートは、物質が完全に結晶し終った、岩圏の1剛性ブロック体とされている。そして、プレートは部分的に熔融した状態の岩流圏にそって移動している。このような地球力学的な内容を説明した図が少なからず発表されているが、そのいくつかは文献の項に挙げてある (Gravitational field……, 1979; Mirlin, 1979, ほか)。それらによると、新生代にはクラブプレートが海溝中に呑みこまれ、ファラロンプレートは北アメリカ大陸の下にかくれ、その一部は消え去り、その結果として、現在、東太平洋海膨のライズ帯内にある、湧き上り帯の中心から移動している、成長した太平洋プレートが存在するだけである。ヘッス海膨はシャツキー海膨と同じような方法で形成されたが、形成時期は少しあとである。

これらすべての理論のなかで基礎となっているのは地球力学であって、構造単位とその組合せの形態的、地史的分析ではない。その理論には、一般的な認識での構造地質区の区分が欠けている。全体として、地質学的なデータはこれらの理論の中ではきわめてひかえめな地位しか得ていない。

岩圏プレートの運動に関する概念の発展は、ホットスポットの理論を導きだした (Morgan, 1972₁, 1972₂ ほか)。動いているプレートが比較的動きのにぶい、反作用的に働らくマントル流に逢着すると、次第に線状の火山海嶺を形づくっていく。その主な例としては、ハワイ海嶺とその延長である天皇海嶺がある。このような観点は

決して疑う余地のないものではない。その解釈についてはあとで詳しく述べたい。

引用した資料から十分明らかなように、太平洋北西部の地質構造解析には、2種の著しく異なった取り扱いがある。筆者らに関しては、その取り扱いには構造形態解析が必要であるという観点にたっている。しかし、現在の段階では、地殻中でもマントル中でもさまざまなレベルでの岩体の大規模な水平移動、引張りと圧縮 (地下浅部と深部)、大陸の移動、2次的海盆の形成を認めなくては、その観点は成り立たないとされている。そこで筆者らは、これらの見地から古典的変動作用説 (classical mobilism) が発展しなくてはならないことを明らかにする。

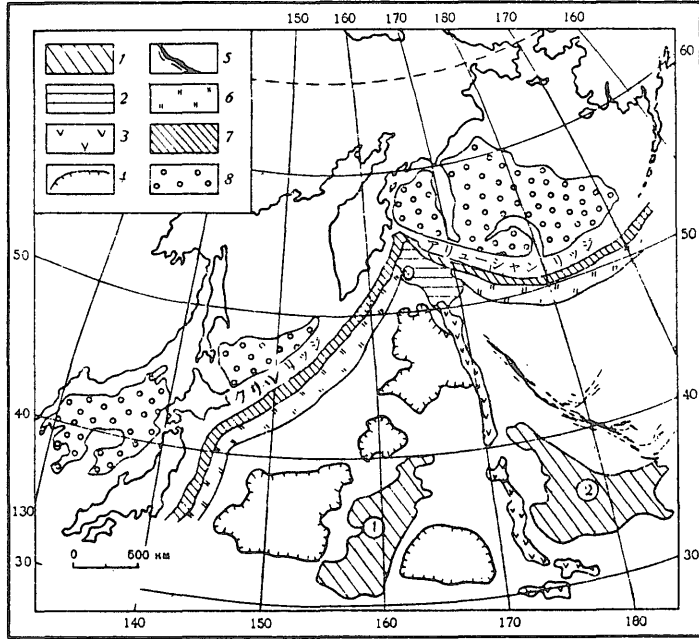
2. 構造の主な特徴

北西太平洋地域の主な構造単位は、きわめて鮮明な線状構造単位と多少ともスムーズな輪郭を備えた構造単位とに分けられる (第1図) (Pacific Ocean, 1976; Chase et al., 1977)。前者に属するのが日本海溝、クリル-カムチャツカ海溝、アリューシャン海溝、天皇海嶺、天皇断裂帯である。後者を構成するのが海溝にそって伸びる海溝縁隆起帯 (マージナルスウェル marginal swell)、及び、シャツキー海膨、ヘッス海膨と両海膨を分ける深海海盆群である。

A) 海底地形に鮮明に現われている線状構造単位は、地殻中の大型断裂の反映である。海溝に関しては、それと断裂構造との結びつきが一連の地形形態上の指標を根拠にして考えられている。海溝の横断面の下部は大きな特徴があり、典型的な場合には、かなりの急斜面 ($\leq 20-30^\circ$) と狭い底部を備えた深い裂目である。海溝の内側斜面 (列島側の斜面) にそって、階段状地形の原因となる、長く伸びた正断層裂かか追跡できる。その正断層裂かと横断層裂か、斜交裂かか一般に連結するので、全体として斜面ぞいに明瞭な断裂系が識別できる。階段状地形の証拠は日本海溝での深海試錐、それに上述の3海溝でそれぞれ行われた地形形態、地質、地球物理の研究によって得られている (第2図)。最新の資料は、海溝の列島側の斜面の内部構造が複雑なことを示している。この斜面範囲は、衝上転位を伴った、いくつかの断層面に分けられている¹⁾。

海溝の裂加的性質はその地体構造上の位置、すなわち深発地震帯のフロント部分であることに直接結びつくも

1) 第14回太平洋学会議 (1979, ハバロフスク) における志岐常正・三沢良文の講演



第1図 北西太平洋の基本構造形態単元

- 1—厚い地殻を備えた海膨（1—シャツキー海膨，2—ヘッス海膨）
- 2—オプルーチェフ海膨
- 3—天皇海嶺
- 4—深い海盆の輪郭
- 5—天皇断裂帯（黒いぬりつぶしは「すき間」様の凹地，破線は形態的単元の方角）
- 6—周縁海膨
- 7—海溝
- 8—深い縁海盆地

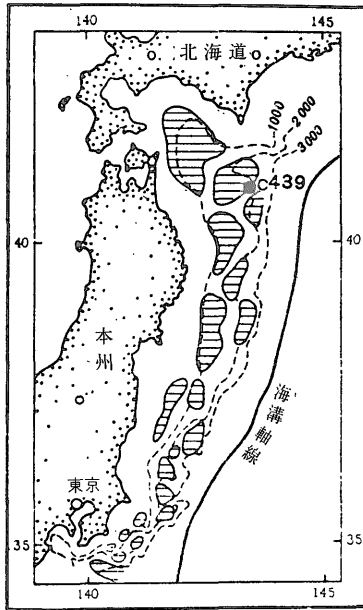
のである。日本の地球物理学者たち（長谷川昭ほか、1979）は、本州の下に2帯の平行的に傾斜した地震帯があることを指摘し、その上部地震帯は圧縮帯と説明され、海側に日本の大陸斜面が移動している転位面であろうと解され、下部地震帯は海洋地殻の衝下面（引張りが卓越）と解釈されている。このように、太平洋西部の大洋・大陸接合帯における地球力学的過程についての概念は、ますます複雑なものとなってきている。

海溝の構造にみられる上記の特徴は、それが張力構造であるという観点と矛盾しない。

深海試錐の資料は、日本海溝が古第三紀と新第三紀の境界期に生じたと考える根拠を与えてくれている。本州の東方、日本海溝軸からわずか90 km.のところ掘進された第439試錐は、海面下2,900m.のところ、島状陸塊からきり離された地塊を捕えた。この地塊は、浅海棲の動物化石を有する漸新世後期の砂岩及びその下位に分布する礫岩と角礫岩（礫は主として石英安山岩からなる）の存在によって証明されている。この地塊の沈降がきわめて急速であったため、中新統下部層はすでに大洋性の

性質を備えている。これこそ、日本海溝生成の時期を示す指標である。

クリル-カムチャツカ海溝とアリューシャン海溝の生成期は、隣接する列島弧の地質年代によって決まる。大クリル島弧中にみられるもっとも古い岩石は漸新世のものである。そのような岩石は、幌筵島、択捉島、国後島に露出し、堆積岩と「緑色凝灰岩」で構成されている。大クリル小島弧とクリル島弧とを分ける凹地は厚さ最大3,000m.の堆積岩層と堆積岩-火山岩層に充填され、その地質時代は古第三紀後期よりも前ではない。大クリル島弧及びカムチャツカ半島と北海道の構造との地体構造上の関係は、大クリル島弧が漸新世よりも古い時代のものではないらしいということを示している。このことも、問題が現在の地向斜系の地体構造上の一対の構造にある限りでは、海溝の年代に合致する。我々は、今ここでは、列島弧と海溝の構造運動史の細部（きわめて複雑な発展をとげている構造運動史の細部）に立ち入らないが、日本海溝の場合でも、クリル-カムチャツカ海溝の場合でも、その年代についての結論が日本海盆と南オホーツク



第2図 本州東方の海底段丘の配列
(Nishenko, McCann, 1979)

- 1—海底段丘
- G439—海底試錐点
- 黒い実線—海溝の軸線
- 等深線—単位m

海盆の形成期によって間接的に証明されるということだけ付言しておく。

最近の諸論文では、アリューシャン列島弧とアリューシャン海溝の形成が新生代の初めに始まった (O. A. Schmidt, 1978), と述べられている。とすると、太平洋北西部における海溝の形成が同時的なものでなく、アリューシャン海溝が新生代の初め、クリル-カムチャツカ海溝と日本海溝が新生代中期ということになる。

天皇海嶺に関する情報は、最近、文献にしばしばみられるようになった。そのような文献の一つに、ゲルシャノビチら (D. Ye, Gershanovich et al., 1977) の論文がある。天皇海嶺は、ギョーを伴った、太平洋中の最大級の線状²⁾隆起の一つである。その延長はおよそ 3,000km で、そこに数10の海山が分布する。その海山は、多かれ少なかれ切刻され、あるいは埋没した火山で、断層に分断されていることが多い。天皇海嶺の南部では、いくつかの山頂が海面のごく近くまで達している。おそらく、これは非常に若い火山脈であろう。隣接する海盆のレベルからすると、天皇海嶺は3,000mないしそれ以上高くなっている。

2) 「狭長な帯状」のこと

天皇海嶺では、地殻の第二層と第三層の若干の肥大化が観測できる。欽明海山 (ギョー) 北側の低地部分では、地殻の厚さは10,000m前後と見積もられている (田望ほか, 1969)。深海試錐とドレッシングは、地殻第二層の上部分の地質断面を判断させてくれる。堆積層より下位のギョーはアルカリ玄武岩とハワイアイトからなり、その厚さは、たとえば、推古海山 (ギョー) での試錐では150mである。アルカリ玄武岩の下位にはソレライト玄武岩が分布し、上記試錐で250m掘進された。このソレライト玄武岩層は、アルカリ玄武岩層中にも挟有されていることがある (推古海山, 応神海山)。玄武岩の溶岩は、主として、浅海条件もしくはななかば空気中の状態で溢流した。枕状溶岩はごくまれにしか存在せず、溶岩流の上面は一般に多孔質で、その空隙の大きさと量は上部ほど大きく、かつ多くなり、ところどころに赤い風化作用の痕跡をとどめ、ときには化石酸化土壌が存在することがある。

これらの玄武岩は浅海堆積層に被覆され、その堆積層中にはところどころに浜砂層があって、玄武岩礫を伴い、更にリフト構成体もある。その堆積層下部層の地質時代は、微古生物学的な資料によると、最北部 (明治海山) でマーストリヒト期、推古海山・仁徳海山・応神海山 (これらの海山群の両端は600 km 以上離れている) ではそれぞれ暁新世中-後期、暁新世後期-始新世前期、暁新世後期である。この浅海堆積層の総層厚は、推古海山で164m、そのほかの試錐を行った海山ではそれより薄い。地質柱状断面と水深測定資料は、天皇海嶺の地域には、著しく沈降したところがあることを示している。

全体として、天皇海嶺は地殻及び上部マントルへの大型透水帯にふさわしく、時間的にはその延長を累進的に伸ばしてきた。このことを示しているのが放射年代決定値で、海嶺の南限の火山岩類がもっとも若いことを明らかにしている。もっとも古期の構造平面に関していえば、海嶺の両側にそった地殻第2層の岩石がより古期のものからなる以上、この若い火山岩類は地殻第二層の古い岩層上に重複した生成物である。

最近の文献 (Dalrymple, Clague, 1976, 1978; Detrick, 1978; Greene et al., 1978ほか) によると、天皇火山海嶺はハワイ ホットスポット上に岩圏プレートが通過した結果と理解されている。カー (R. Kerr) は、このことに関して、「ホットスポット説は、ハワイ-天皇海嶺列をとりあげた見本である限り、著しく直観的な推定であり、この海嶺系の生成にとって唯一の実現可能な根拠であることを確認していない」(Kerr, 1978, p. 503), と述べている。「グローマー チャレンジャー」号の第

55回調査航海で採取された試料は、天皇海嶺の火山頂部には古第三紀に暖海成の珊瑚礁が長期にわたって成長したこと、及び、すでに述べたように、浅海性火山岩溢流時に風化殻が形成される場合もあったことを実際に証明してみせた。しかし、その資料は、岩圏プレートがホットスポット上に移動するという概念を補強するには十分でない。

現在の温暖気候帯からはるか北に位置する、ソ連東部地方とアラスカの古第三系に関連した古植物の資料は、よく知られているところである。太平洋沿岸地方での古第三紀中ごろにおける“しゅろ”の分布の北限が現在の極圏に及んでいることは、すでに証明済みである。古第三系中の“しゅろ”など常緑植物の化石は、カムチャツカ半島でも発見されている。アフメチエフ (M. A. Akhmet'ev, 1976)、そして彼より前にウォルフエ (J. A. Wolfe, 1972) が、アラスカの始新世中期-後期の植物化石は温暖気候の性質を、海岸地域では亜熱帯気候の性質を帯びていることを明らかにした。このような現象は、いわゆる始新世における地球の植物にとって最良の気候状態の反映で、それは北半球だけでなく、南半球にも存在していた。天皇海嶺の海面上につき出た山々もしくは海面下わずかなところで潜頭した山々がこのような最良気候状態の証跡をとどめていないとすれば、不思議というほかない。

しかし、試錐を行った珊瑚礁成の地層には、暁新世のものも存在している。このことに関連して、暁新世の古植物の資料 (アンドレーエバ-グリゴロビチ Andreeva-Grigorovich ほか, 1977) を引用しよう。北半球では、暁新世の場合、植物は2タイプに分けられる。第1のタイプは、シベリア、アラスカ、そしてカナダの大部分に特有のものである。主として、それは、白亜紀と古第三紀の境界期に当該地が温暖湿潤気候であったことを示す針葉樹-広葉樹林で、当時のノボシビルスク諸島や北アラスカまでも広がっていた。アメリカ西部及びユーラシア大陸南部諸地方は第2のタイプ、すなわち亜熱帯種の植物を特徴とする。コリャーク高原地方ウーゴリナヤ湾地区のチュコトカ累層は古第三紀前期のマグノリアを、樺太のナイプタ累層は同じくセコイアとプラタナスを産することがつけ加えられよう。つまり、試錐によって得られた試料は、すべて同じようにはハワイのホットスポット説に役立つ証明とはなり得ない。

暁新世浅海堆積層がところによって試錐柱状断面に現れてくることは、天皇海嶺が白亜紀後期になってやっと形成され始めたことを証明している。だが、天皇海嶺中では、新生代の間にも、火山活動が行われている。その

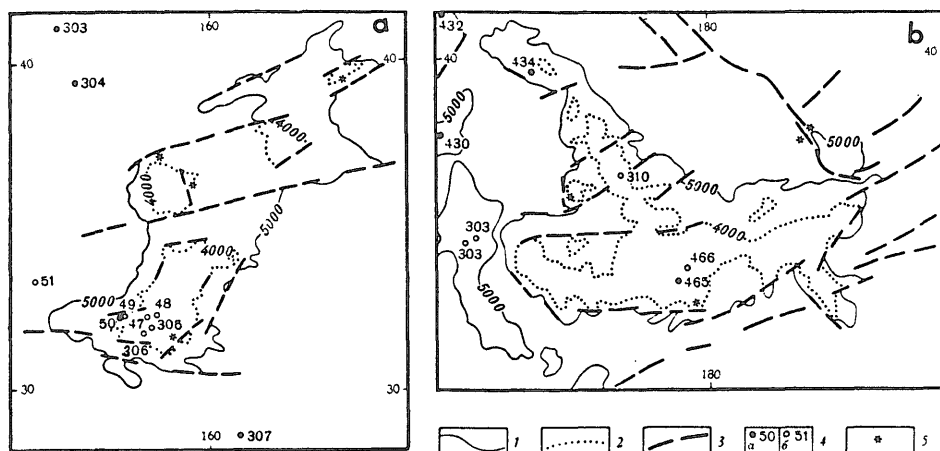
火山活動は、すでに形づくられていた切刻面の構造沈降運動と平行して行われた。

大規模浸透帯に相当する類似線状海嶺は、太平洋の西部には少なくない(ハワイ海嶺、ライン海嶺、ギルバート海嶺、タブアイ海嶺など)。これらの海嶺の起源を、モーガン (W. J. Morgan, 1972) は岩圏プレートのホットスポット通過と結びつけ、ジャクソン (E. D. Jackson, 1976) は破碎帯の成長と結びつけている。我々は、これらの海嶺が西太平洋の特徴をなす一大裂か構造系を反映するもの (プンチャロフスキーほか, 1980) と考えている。

天皇断裂帯に関していえば、この断裂帯が地図上にあらわれてきたのはそれほど昔のことではなく、この断裂帯について発表された情報もきわめて少ない (エリクソン B. H. Erickson ほか, 1970)。この断裂帯は延長が2,500 km をこえ、幅が平均150 km のきわめて鮮明な線状の構造である。この断裂帯の構造は複雑である。この断裂帯は、幅が狭いが、きわめて延長に富んだ深海海盆とほとんどが雁行状に配列した地溝で構成されている。海深は主谷部分でほぼ8,000 m に達し、その幅は数 km で、谷そのものは20度ないしそれ以上傾斜した斜面を有し、音波反射基底面が露出している。その東に狭長な海嶺が接している。この断裂帯の南部で行われたドレッジングによって (海洋調査船「ドミトリー メンデレーエフ号」の第23回調査航海の資料)、海深7,000 m のところから、第三層に相当する、緑色岩化変質作用を受けたはんれい岩がひき上げられた。更にその第三層の上部から、はんれい岩、はんれい輝緑岩、粗粒玄武岩、玄武岩がひき上げられた。その地質断面の厚さは、およそ2,500 m である。

天皇断裂帯は、形態的な指標と地殻の構造からすると、太平洋北東部の東西性大型断裂に似ているが、その東西性断裂に対してほぼ直角に、NW-SE 方向に走っている。同時に、天皇断裂帯と接合する2大型断裂、すなわち、NE-SW 大型断裂系に入るチヌク断裂とサーベイヤー断裂がある。接合の構造パターンは、両断裂とも天皇断裂帯にそった右側転位の断層であることを示しているように思われる。これは、太平洋北部における地球力学的過程についてのきわめて価値の高い指標である。かくして、天皇断裂帯は太平洋における地体構造区を2区 (構造と地球力学上著しく異なる西区と東区) に分ける構造的境界線となっている (クラスヌイ L. I. Krasny, 1978)。

B) 比較的スムーズな輪郭が画ける、太平洋北西セク



第3図 シャツキー海膨 (a) とヘッス海膨 (b)

- 1—5,000mの等深線
- 2—4,000mの等深線
- 3—断層
- 4—深海試錐点 (a—玄武岩を把握したもの; b—基盤まで達しなかったもの)
- 5—ドレッジング地点

ターの構造単元は、構造運動上全く受動的なものではない。その発展過程で多様な構造運動が現われ、構造を複雑なものにしている。海溝縁隆起帯に関していえば、そのもっとも主要な特徴は、海溝を伴いながら、同時にコントラストがきわめて弱い構造であるということである。この海溝縁隆起帯は、コントラストの強い島弧-海溝系における構造運動の反作用の結果として生じた、海洋地殻中の圧縮構造と単純に理解される傾向が強い。海溝縁隆起帯の幅は数100 kmに達しているが、海底上の高さは数100mにすぎない。

太平洋北西セクターの構造地質解析に関連して、特に関心をひくのはシャツキー海膨とヘッス海膨である。

シャツキー海膨 (第3図) は、20年以上も前から知られている。その形態は、一連の文献 (スジュモフ A. Ye, Suzyumov ほか, 1975, ほか) で明らかにされている。その南部で何本かの深海試錐が実施されたが、最近まで海膨の性質 (大陸型か大洋型か) は未確定のままであった。

海洋調査船「ドミトリー メンデレーエフ号」の調査によって、それが大洋型の性質であることを無条件に証明する資料が得られた。その第23回調査航海のときに、シャツキー海膨の中心部で高さ900mの崖を伴った南北性の大型断層がドレッジにかかり、ルドニーク (G. B. Rudnik) の結論によると、大洋地殻に特有の、多孔質・杏仁状のソレアイト玄武岩の大塊と細碎屑物がひき上げられた。他方、地震波速度断面は、シャツキー海膨の部

分の地殻の厚さが20,000mを超えているのに、そこに大陸型地殻が存在していないことを示している。その地震波速度断面で明らかなように、地殻の厚度増は第二層と第三層の厚さの増大によってもたらされ、第三層とマントルとの中間的な速度 (7.3-7.8 km/sec) を有する岩石の出現によってもたらされている。

シャツキー海膨は規模が大きく、1,200 km×300 kmである。これはモノリシックな構造単元ではない。水深測定資料と地震探査資料によると、海膨の境界を形づくり、かつそれを三つの大きな地塊に分断する、一連の大規模な断層が認められる。その断層に対応して、高距1,000m以上、傾斜最大20度の崖が地形に現われ、海底の表面に音波反射基盤面として露出している。各地塊の隆起頂部は断層系によって複雑化した (特に北部)、幅の広い平坦なものである。

海底地形の特徴からみれば、いくつかの断層による正断層転位が想定できる。現在、シャツキー海膨は海面下の深いところ、すなわち海面下2,000mから5,000mに広がっている。しかし、試錐とドレッジの資料が示するように、第二層の玄武岩とそれを蔽う堆積層は浅海条件下で生成しているので、そのことから、ジュラ紀末にはシャツキー海膨は海面近くに分布していたか、さもなければ海面上に頭を出していたとはならない。この海膨の地質断面の構成に完新統から白亜系下部統最下部層まで加わっているが、実施された、すべての試錐でその地質断面のいずれも地層が全部揃ってはいない。

かつてシャツキー海膨のところにはジュラ系上部統がみられると予想されたこともあるが、更に詳しい研究によってもそれが証明されず（クラシェニンニコフ V. A. Krashennnikov, 1978）、もっとも古い岩石はペリアス期のものである。

深海試錐は、この海膨の南部で行われた。その地質柱状断面で大きな割合を占めているのは炭酸塩補償面より上位に形成された生物源炭酸塩岩層で、珪質岩も分布するが、それは白亜系に限られている。堆積層の厚さは、地震探査資料によると、1,000mに達している。もっともよく揃った柱状断面は305号井で、掘深深度640mである。だがそれでも、柱状断面から漸新統上部層と中新統下部層が欠落し、更にセノマン階上部層-チューロン階下部層もある程度欠落しているものと思われる。海膨西縁では、第三系全体と白亜系の大部分が脱落している。今後の試錐調査は、ほかのハイエタスの時代も必ずや明らかにするに違いない。

ヘッス海膨は、シャツキー海膨より少なくとも10年遅れて、発見された。この海膨は研究はあまり行われていない。したがって、ソビエトの文献にもその記載がなく、外国の文献でも、「グローマーチャレンジャー号」の2回の調査航海において当該水域で試錐が行われたので、その深海試錐資料中にヘッス海膨のものが含まれてはいるが、記載は全く不十分なものである。1979年になって、海洋調査船「ドミトリー・メンデレーエフ号」の第23回調査航海の調査班によって、この海膨が研究された。

その航海のとき、シャツキー海膨の場合と同じように、第二層の岩石のドレッシングが成功裏に行われた。海膨の南翼で、傾斜20度以上の崖がいくつか発見され、そこでそれぞれドレッシングが行われ、厚さ2,000mを有する第二層の地質柱状断面の特徴が画きだされた（ルドニーク G. B. Rudnik, シュミート O. A. Shmidt, メランホリーナ Ye. N. Melankholina ほか）³⁾。その岩石は、アルカリ玄武岩、ハワイアイト、ミュージェライトからなっている。さまざまな海深の海底に分布する枕状溶岩がドレッシングによって発見されたが、それでも玄武岩類の大型孔隙に富むものが存在することは、その玄武岩類が比較的浅い海で溢流したことを証明しているものと思われる。このアルカリ玄武岩系の研究資料は、深海試錐の資料によって補強されている。ヘッス海膨の南部における465号井で、我々が研究した地質柱状断面の上位に相当する粗面岩が発見された。また、ヘッス海膨の北部における464号井では、ソレアイト玄武岩が記録された。

3) 実際の掘進深度は63.5m

ヘッス海膨の地震波速度断面はシャツキー海膨の場合とよく似ていて、第二層と第三層の厚さの増大を、そして全体として地殻の厚度増（20,000mに近い）を示している。岩石の構成、それに地殻の構造についての資料も、この海膨が大洋型の性質であることを示唆している。

ヘッス海膨（第3図b参照）は、不規則な形をしている。この海膨は、北部では西北方に天皇海嶺と平行して1,200 kmほど延びている。南部でもこの海膨は同じような規模を備え、東西方向に延びている。この海膨は海深数1,000mのところを広がっているが、いくつかの火山の山頂は海面近くまで接近している。地形の広域形態は、概して、シャツキー海膨の場合と類似する。頂部は広大、平坦で、海膨の境界は断層と一致した崖の形をとる所が少なくない。その崖の表面はかなり強く切刻されている。このヘッス海膨の堆積層の厚さは、変化に富む。多数の横断断層があって、多くは正断層である。地溝状の地形もみとめられる。

試錐を実施した諸地点では、玄武岩上にオーブ階（アルブ階）の碎屑石灰岩が分布している。この碎屑石灰岩は、かつて生成された炭酸塩岩層が機械的に分解されて生じたものである。このヘッス海膨の堆積層下部層にみられる層相の特徴は、白亜紀中期末には海膨が陸地部分、すなわち火山起源の島であったことを示唆している（コポルリン V. I. Koporulin, 1979）。しかし、白亜系上部層はすでにかなり深い海底条件下で生成されている。かくして、ヘッス海膨の沈降は白亜紀後期のもっとも初期に始まり、全体として急速に行われたのである。だが、今後の研究によって今までに分かったものよりも更に古い堆積層が発見される可能性はある。第一層の堆積層の構成は、シャツキー海膨の場合と同様である。

堆積物の性質からすると、新生代における堆積作用は中程度及びかなり深い海深条件下で行われている。それと同時に、新生界の試錐柱状断面は驚くほど不完全なものである。ヘッス海膨の北斜面では（464号井）、柱状断面中のハイエタスがセノマン期から中新世中期までの期間に及んでいる。北帯中央部の地質柱状断面（310号井）では、ハイエタスは暁新世、始新世中期の一部と後期、漸新世後期-中新世中期の一部に相当する。南帯の中心部（465号井）では、ハイエタスはセノマン期中期からチューロン期中期にいたる期間とコニャック期後期、ジャンパーニュー期前期、そして始新世中期から鮮新世前期までの期間である。それと同時に、その少し北側の試錐柱状断面（466号井）では、始新統中部-上部階の堆積層がよく発達しているが、セノマン階からチューロン階中部層にいたる堆積層、コニャック階上部層、サントン階上

部層、マーストリヒト階上部層-始新統下部階、漸新統-中新統が欠けている。これらのハイエタスの性質は、それが現われた主因が強い水蝕海流にあることを示しており、その海流の方向の変化が、一方では海底の大規模な構造の改変、もう一方では海膨そのものの構造の変形(特に断層による転位)によることは疑いない。これは、シャツキー海嶺でも同様である。

引用した地形形態、地質、地球物理に関する資料から、シャツキー海膨とヘッス海膨の地体構造上の類似性がよく分かるであろう。このことは、太平洋北西部の構成と構造的発展を解析するための、きわめて重要なモメントとなる。それ自体の性質からすると、両海膨とも大洋地殻中の構造運動-火成活動海膨である。シャツキー海膨はジュラ紀後期末にはすでに存在していたし、ヘッス海膨は白亜紀中期にはすでに存在していた。両海膨とも、遠洋性堆積作用区である隣接凹地よりも、水深測定の結果では、高いところに広がっている。

すでに述べたように、いくつかの論文では、シャツキー海膨が中生代の古太平洋北西部にあった海洋底拡大システムの発展の結果とみなされている(Hilde et al., 1976, ほか)。太平洋北西部における岩圏プレートの不安定な三重会合とシャツキー海膨帯におけるトランスフォーム断層に関する概念を完全に区別して、ミルリン(Ye. G. Mirlin, 1979)は大洋中の大規模火山山塊の起源を説明している。その説明は、三重会合区域での岩圏を強く破碎した岩圏プレートの運動学的特徴によって火成活動が急激に強まったということにつく。ヘッス海膨も、このような構造タイプに入れなくてはならないことは全く明らかである。しかし、まさにこのような状況は太平洋北西部へのプレートテクトニクス理論の適用を困難にしている。なぜなら、岩圏プレートの三重会合の進化に結びつけて、ヘッス海膨をスプレッドング海嶺ないしトランスフォーム断層の発達の結果と説明するには、地質学的な証拠も地球物理学的な証拠もないからである。また、ヘッス海膨にマグマ分化成のアルカリ岩系の岩石が存在することも、そのような説明に矛盾する。シャツキー海膨地域にさまざまな方向の磁気異常の接合帯が分布することは、後で組み合わさったものと思われる。

両海膨での地殻が厚く、その内部構造が複雑であるらしいことは、白亜紀及びそれ以前に地殻が大きく再編成されたことを示している可能性がある。第二層と第三層の厚さが増大し、第三層とマントルとの中間的な地震波速度を有する岩層が現れていることも、緩傾斜の衝上断層にそって移動するプレート系の生成、すなわち、い

ゆる「tectonic crowding (つき重なり)」の過程を伴った、水平圧縮構造で説明することができる(ペイベ A. V. Peive ほか, 1976)。最近の研究の結果が示しているように、地殻と上部マントル中における水平断層はさまざまな深度レベルで起り得る(ペイベほか, 1976; Tectonic stratification of lithosphere, 1980)。第一層の堆積層の安定した賦存状態からすると、その地層は強い構造転位作用を受けず、地殻の圧縮とつき重なり(crowding)のあとで沈殿したものと考えられる。固い地殻が擾乱されたと思われる時期は、シャツキー海膨では白亜紀前、ヘッス海膨ではオープン期(アルプ期)前である。

一つの大規模海膨ともう一つの大規模海膨を分ける海底の凹地は、文献では、独自の地質発展史上の特徴を備えた、独立した構造単位とみなされていない。当該凹地は、構造運動ないし火成活動の過程が現われる受動的な形のものでされている。しかし、蓄積されてきた資料はそうでないことを物語っている。たとえば、シャツキー海膨の北西と南東に存在する凹地は、それぞれ異なった特徴を備えている。この二つの凹地は海深が異なり、起伏の性質も似ていない。今後の研究によって、地殻の厚さが異なることも明らかにされるであろうし、北西側の凹地は南東側の凹地に比較して、地殻の厚さがおそらくある程度厚いであろう。また、北西側の凹地には断層が広く分布し、その断層は多くが規模の大きいものである。連続地震波断面は堆積層の構成に違いがあり、北西側の凹地ではその堆積層はいくらか変形し、南東側の凹地では実際上変形していない(メルクリン L. R. Merklin の口述)。深海試錐を比較した結果、柱状断面の構成にいくらか違いがあることが認められる。両者の場合、層厚は小さくなく、400mを超えないが、それでも層厚にいくらか差がある。このように、深海平原である海底部分が構造的に独立したものであることは疑いない。そして将来、この海底部分に更に多くの関心が注がれるようになるであろうが、そのときには海底の地球力学は今よりもはるかに完全な、確定的なものとなるに違いない。

197号井、303号井、304号井(北西側の凹地)と307号井(南東側の凹地)から得られた玄武岩の試料は、変質した大洋型ソレライトである。これは、堆積層の堆積前に海底で溢流した枕状溶岩である。火山海嶺上でのドレッシングの際に、凹地のいたるところでアルカリ玄武岩が発見されている。試錐は玄武岩層中にわずか9-12m 掘進されたにすぎない。第二層の更に深い部分の特徴を明らかにするには、凹地のさまざまな部分での断層帯をドレッシングする必要がある。

北西側の盆地範囲では、地殻の厚さは6,000-8,000m

であるが、縁辺部では、その厚さはもっと厚くなっている（マラホフ A. Malakhov ほか、1977；浅田、島村、1976）。このことは、深部物質の側方移動の疑いない証拠であり、特に、そのときシヤツキー海膨とヘッス海膨での地殻の著しい厚度増を考えればなおさらである。

オブルーチェフ海膨についても、少し触れておく必要がある。この海膨は、アリューシャン海溝の海側からコマンドル諸島の南にはりだした、海洋地殻の比較的小さな地塊である。この海膨は、ほとんど研究されていない。これまでの構造解析の結果では、断裂的な性質を帯びている天皇海嶺がオブルーチェフ海膨中に切りこんでおり、したがって、オブルーチェフ海膨は天皇海嶺よりも古い、おそらく中生代の海洋構造平面の一断片と考えられている。地球物理探査のデータによると、オブルーチェフ海膨の上部は厚さ最大2,500mの堆積層で構成されているらしいが、しかしこのような判定はおそらく正しくはないだろう。多分、オブルーチェフ海膨の地質断面はきわめて複雑なものであろう。

3. ま と め

北西太平洋水域の地質解析の結果、同地域では中生代と新生代に構造運動がくり返し現れたことが分かった。その構造運動は、大規模な海膨を生み、規模さまざまな海底区域の多くの沈降を生じ、大型断裂帯も含めて裂かの形成をもたらしている。断裂にそって、垂直転位が生じただけでなく、水平転位が生じたことも、ある程度考えられる。地殻及び岩圈下部の造構造的成層状態をもたらす水平断裂の存在を、A. V. ペイベの論文で指摘されているような、個々の構造-地質コンプレックスの水平転位相互の非関連性を、証明する資料がますます多くなっている。いわゆる北西海盆の大陸近くの海底で行われた深部地震探査の際に深さ 250 km まで上部マントルが明瞭な造構造的成層状態にあることが認められた。M面及びそれより深いレベルでは、地震波速度の上昇がみられる場合が少なくない（ズベレフ S. M. Zverev, 1977；浅田・島村、1976）。そして、地殻物質のつき重なり過程（process of crowding）が進み、圧縮構造と引張り構造が生じる。

海洋地殻の造構造的進化の過程で、構造平面の再構成、かつて形づくられた構造の互解と新たな構造の形成が行われた。しかし、太平洋の海底にはかつて大陸地殻が存在したというどのような証拠もないので、北西太平洋には、いたるところ海洋地殻が拡がっていると言いきることができる。

北西太平洋でもっとも重要な構造運動期の時代が明ら

かになりはじめている。そのような時代の一つが中生代後期（ジュラ紀後期-白亜紀中期）で、この時代にシヤツキー海膨とヘッス海膨及びそれらに隣接する凹地群が形成されている。この時代は、アジア東部と北アメリカ西部における激しい構造運動期に対比できる。この時代に結びつくものとしては、太平洋セグメントに付属した、北氷洋東部水域の形成がある。

そのほかの重要な構造運動期に入るのが、中生代最末期-新生代初期である。この時代に天皇海嶺が形成されはじめている。天皇海嶺は断裂的な性質を備えているので、隣接地域、特にシヤツキー海膨とヘッス海膨の地域でも、地殻を地塊に分割したのはこの時代と思われる。また、天皇断裂帯の形成も、これにそった水平転位があとであるとはいえ、この時代にはじまったと推定できる。新生代の初期はアリューシャン列島弧の形成開始とそれに応じたベーリング海の独立、アリューシャン海溝とアリューシャン周縁海膨の形成の時代である。この時代の構造運動は北アメリカ西部にも広く現われ、ララミー構造運動期としてよく知られている。最近、この時代に属する、重要な構造運動過程が環太平洋帯北西部で確認された（Tectonics of continental margins……, 1980）。シホテアリン山脈における大陸地殻の形成がそうである。コリヤーク高原南部、樺太東部、北海道の諸地方、更におそらくオホーツク海の大部分でも、この時代に花崗岩-変成岩層が形成されている。樺太東部におけるオフィオライト層の形成は、おそらく、オホーツク海隣接部のデリュージェン海盆の発達と組み合わせられているに違いない（ラズニチン Yu. N. Raznitsin, 1975）。また、圧縮変形がカムチャツカ東部と小クリル島弧帯に現われた。

次いで、はっきりと現われた構造運動期は、新生代後期である。この時代に北西太平洋の海底では、新たに断層が生じ、地質構造が複雑化した。新生代後期の時代には、クリル-カムチャツカ海溝と日本海溝、ゼンケビチ海膨、日本海とオホーツク海盆が生成している。現在では、太平洋北西縁の地質構造発達史が徹底的に研究されつつある、といえる。少なくとも古生代前期から始まる、地質時代のすべての断片で、地殻の構造の大洋型と大陸型との移過帯が区分できる（Tectonics of continental margins……, 1980）。つまり、現在の海溝-島弧-縁海系は、大陸型地殻の形成過程の中にとりこまれた地帯として大陸縁の長い進化の当然の延長部分である。

この一文で述べてきた、大陸縁と隣接大洋区域の構造運動期の比較分析は、この次の出版物で詳細にするつもりである。とはいえ、筆者らが期した通りに、この論文で我々は比較分析が基本的に可能なことを示すことがで

きた。

我々が行った地質学的な解析の結果は、「ホットスポット」上の岩圏プレートの運動に結びつけた、天皇海嶺の形成に関する概念の場合と同じように、クーラ、ファラロン、太平洋の計3プレートの存在という概念に合致するものでない。

我々は、特別研究計画の進行過程で得られた最新の資料に基づき、北西太平洋の構造地質上の基本的特徴について詳しく述べてきた。この広域にわたる計画の実行の結果として、短時間に非常に基本的な地質学的及び地球物理学的な諸事実を手にすることができ、その諸事実は、我々が陸上で慣れきっているのと同じように、海底の規準通りの多面的な構造解析に不可欠である。大洋の構造地質にとって、現在は新しい事実が豊かになりつつある時代である。広域にわたる研究計画は、大洋の構造地質の研究を促進する。

文 献

- A. S. Andreeva-Grigorovich, M. A. Akhmet'ev, V. A. Vakhrameev, Z. I. Glezer, Ye. D. Zaklinskaya, K. B. Korde, N. G. Muzylev, S. I. Shemenko (1977): Development of chlor in the boundary of mesozoic and caenozoic: Moskwa, "Nauka" Press (in Russian).
- M. A. Akhmet'ev (1976): On the climatic fluctuations in paleogene and neogene on median and high latitudes of the Earth (by the paleobotanic data): in book 「Paleontology. Oceanic geology」, IGC, XXV ses., Moskwa, "Nauka" Press (in Russian).
- K. V. Bogolepov, B. M. Chikov (1976): Geology of ocean bottom: Moskwa, 「Nauka」 Press (in Russian).
- D. Ye. Gershanovich, A. I. Konyukhov, A. P. Lisitsyn (1977): Fundamental features of geomorphology of Emperor and Hawaii ridges: «Trudy of All-union scientific-research institute of oceanic fishing economics and oceanography», issue 119 (in Russian).
- Gravity field and relief of ocean botton (1976): Leningrad, 「Nedra」 Press (in Russian).
- S. M. Zverev (1977): Seismic natures of the earth crust and upper mantle in north-western area of Pacific ocean: in book 「Geophysical researches of transitional zone from Asian continent to Pacific ocean」, Moskwa, 「Nauka」 Press (in Russian).
- V. I. Koporulin (1979): Ancient islands of Pacific ocean: «Priroda», no. 7 (in Russian).
- L. I. Krasnyy (1978): On the great Pacific-ocean geodivision: «Doklady of USSR academy of science», vol. 242, no. 5 (in Russian).
- V. A. Krashennnikov (1978): Significance of marine deposits for stratigraphic scale exploitation of mesozoic and cenozoic (Pacific and Atlantic oceans): «Problems of micro-paleontology», no. 21, Moskwa, 「Nauka」 Press (in Russian).
- P. N. Kropotkin, K. A. Shakhvarstova, N. A. Fedorov (1964): Tectonic map of Pacific mobile belt and Pacific ocean: in book "Himalayan and alpine orogenesis", IGC, XXIIses., Reports of Soviet Geologists, Problem II, Moskwa, 「Nedra」 Press (in Russian).
- A. Malakhov, D. Hassong, O. Odehard, G. B. Udintsev, I. P. Kosminskaya, Ye. A. Mouravova (1977): Construction of the earth crust in district of Marcus island (Pacific ocean): «Oceanology», vol. XVII, issue 6 (in Russian).
- Ye. N. Melankholina (1978): Gabbroids and parallel dykes in the structure of Shikotan island (Small Kuril' ridge): «Geotektonika», no. 3 (in Russian).
- H. W. Menard (1964): Marine geology of the Pacific: McGraw-Hill (in English).
- Ye. G. Mirlin (1979): On the nature of hot spots: «Reports of USSR academy of science», vol. 248, no. 1 (in Russian).
- A. V. Peive, A. L. Yanshin, L. P. Sonenschein, A. L. Knipper, M.S. Markov, A. A. Mossakovskii, A.S. Perfil'ev, Yu.M. Pushcharovskii, A. Ye. Shlezinger, N. A. Shtreis (1976): Formation of continental earth crust of North Eurasia: «Geotektonia», no. 5 (in Russian).
- Yu. M. Pushcharovskii (1971): Tectonic maps, generalization of compilation experience: in

- book "Problems of theoretical and regional tectonics", Moskwa, [Nauka] Press, p. 215-226 (in Russian).
- Yu. M. Pushcharovskii (1972): Introduction to tectonics of Pacific-ocean segment of the Earth: Moskwa, [Nauka] Press (in Russian).
- Yu. M. Pushcharovskii, V. V. Kozlov, A. O. Mazarovich, Ye. D. Sulidi-Kondrat'ev (1980): Fracture systems in Pacific ocean: <<Geotektonika>>, no. 2 (in Russian).
- Yu. N. Raznitsyn (1975): Comparative tectonics of hyperbasite belts in Schmidt peninsula (Sakhalin), Papua (New Guinea) and Sabah (Kalimantan): <<Geotektonika>>, no. 2 (in Russian).
- A. Ye. Suzumov, Ye. T. Mirlin, A. M. Gorodnitskii (1975): New data, concerned about sea-bottom relief and magnetic field of Shatskii swell (Pacific ocean): <<Reports of USSR academy of science>>, vol. 223, no. 4 (in Russian).
- Tectonics of Eurasia: Moskwa, [Nauka] Press, 1966 (in Russian).
- Tectonics of continental margin of North-west Pacific ocean: Moskwa, [Nauka] Press, 1980 (in Russian).
- Tectonic stratification of lithosphere: Moskwa, [Nauka] Press, 1980 (in Russian).
- Pacific ocean: Scale 1: 25,000,000: Moskwa, 1976 (in Russian)
- G. B. Udintsev (1972): Geomorphology and tectonics of Pacific ocean bottom: Moskwa, [Nauka] Press (in Russian).
- O. A. Shmidt (1978): Tectonics of Komandor islands and structure of Aleutian ridge: Moskwa, [Nauka] Press (in Russian).
- T. Asada, H. Shimamura (1976): Observation of earthquakes and explosions at the bottom of the western Pacific: structure of oceanic lithosphere revealed by longshot experiment: in "Geophysics of Pacific ocean basin and margin, Geophys. Monogr., 19", Washington D.C. (in English).
- T. Byrne (1979): Late paleocene demise of the Kula-Pacific spreading center: <<Geology>>, vol. 7, no. 7 (in English).
- T. E. Chase, H. W. Menard, J. Mammericks (1977): Topography of the North Pacific, scale 1: 6,500,000: Geologic data Center, Scripps Institution of Oceanography and Institute of Marine Resources. Univ. Calif., San Diego, 2d Printing (in English).
- G. B. Dalrymple, D. A. Clague (1976): Age of the Hawaiian—Emperor bend: <<Earth and Planet. Sci. Lett.>>, vol. 31 (in English).
- G. B. Dalrymple, D. A. Clague (1978): Evidence of northward movement of the Emperor sea mounts: <<Geology>>, vol. 6, no. 2 (in English).
- N. Den, W. J. Ludwig, S. Murauchi, J. I. Ewing, H. Hotta, N. T. Edgard, T. Yoshii, T. Asanuma, K. Hagiwara, T. Sato, S. Ando (1969): Seismic refraction measurements in the North-west Pacific Basin: <<J. Geophys. Res.>>, vol. 74, no. 6 (in English).
- R. S. Detrick (1978): Island subsidence, hot spots, and lithospheric thinning: <<J. Geophys. Res.>>, vol. 83, no. 83 (in English).
- B. H. Erickson, F. P. Naugler, W. H. Lucas (1970): Emperor fracture in the central North Pacific: <<Nature>>, vol. 225, no. 5227 (in English).
- H. G. Greene, G. B. Dalrymple, D. A. Clague (1978): Evidence for northward movement of the Emperor seamounts: <<Geology>>, vol. 6, no. 2 (in English).
- A. Hasegawa, N. Umino, A. Takagi, Z. Suzuki (1979): Double-planed deep seismic zone and anomalous structure in the upper mantle beneath Northeastern Honshu (Japan): <<Tectonophysics>>, vol. 57, no. 1 (in English).
- T. W. C. Hilde, N. Isezaki, J. M. Wageman (1976): Mesozoic sea-floor spreading in the North Pacific: in "Geophysics of the Pacific ocean basin and its margin", Washington, p. 205-226 (in English).
- T. W. C. Hilde, S. Uyeda, L. Kroenko (1977): Evolution of the Western Pacific and its

- margin: 《Tectonophysics》, vol. 38, no. 1, 2 (in English).
- E. D. Jackson (1976): Linear volcanic chains on the Pacific plate. Geophysics of the Pacific ocean basin and its margin: Washington (in English).
- R. Kerr (1978): Plate tectonics: hot spot implicated in ridge formation: 《Science》, vol. 202, no. 4367 (in English).
- R. L. Larson, C. G. Chase (1972): Late Mesozoic evolution of the Western Pacific ocean: 《Geol. Soc. Amer. Bull.》, vol. 83, no. 12 (in English).
- W. J. Morgan (1972): Deep mantle convection plumes and plate motions: 《Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.》, vol. 56, no. 2 (in English).
- W. J. Morgan (1972): Plate motions and deep mantle convection: in “Studies in Earth and space sciences”, Geol. Soc. Amer., Memoir 132 (in English).
- S. Nishenko, W. McCann (1979): Large thrust earthquakes and tsunamis; implications for the development of fore arc basins: 《J. Geophys. Res.》, vol. 84, no. 82 (in English).
- J. A. Wolfe (1972): An interpretation of Alaskan tertiary floras: in “Floristics and paleofloristics of Asia and Eastern North America”, Elsevier Publishing Company, Amsterdam-London-New York (in English).

訳者後記: この完訳文を完成するに当り, 地質部付の吉田 尚主任研究官の閲読をいただいた。ここに記して, 厚く謝意を表す。