

# アジア極東地質構造図について (その2)

## ～プレート・テクトニクスとインドネシア付近の地質構造～

広川 治

大陸移動説を提唱したウエゲナー (A. WEGENER, 1922) は 興味ある形態を示すインドネシア付近の列島弧について次のように述べている (第1図参照). "インドネシア付近の二重列島は 中生代にはジャワからニューギニア島東のピスマーク諸島まで真直ぐに延びていたが オーストラリア地塊とそれに付随していたニューギニアが北西に移動したために これらの列島は渦巻状になり バンダ列島弧ができた" と.

先にクアラルンプールで行なわれたアジア極東地質構

造図編集会議 (本誌 219号参照) の組上に載せられた地質構造試案図は ウエゲナー以前から深い関心をもたれてきたインドネシア付近のものであった. ところがこの地質構造試案図は先回 本誌で述べたように プレート・テクトニクスの考えをもり込んでいる. そこでこの地質構造図がどのようなものであったかを述べる前にまず "プレート・テクトニクス" を簡単に紹介しさらに この地質構造図をよりよく理解できるようにインドネシア付近の地質構造について 地学者達がどのような見方をしてきたかを概観することにしたい.

### (1) プレート・テクトニクス

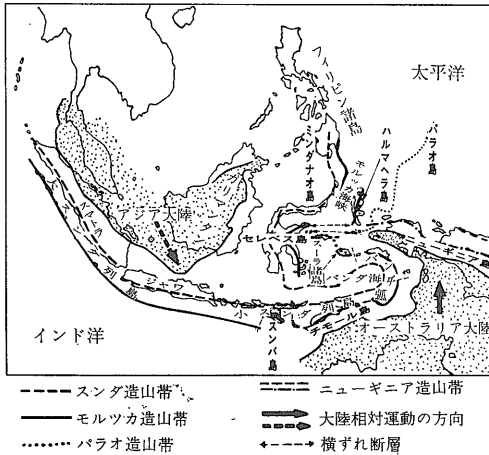
#### プレート・テクトニクスとは?

プレート・テクトニクスは大陸移動説から出発し 海洋底拡大説を経て発展したもので 1960年代後半に提唱されてから現在も この仮説に関連して世界的に活発な議論が行なわれている. この仮説とは "地球の上層部は いくつかの厚く広大な板状の単位(プレート)からなっている. これらのプレートは 海洋底を生産し増大させる場である中央海嶺からの原動力により推進されて 粘性のある下層の上を移動し その進む前面で互いに接触し押し合う. そこで活動的な現象が起こる" というのである (第2 3 4図参照).

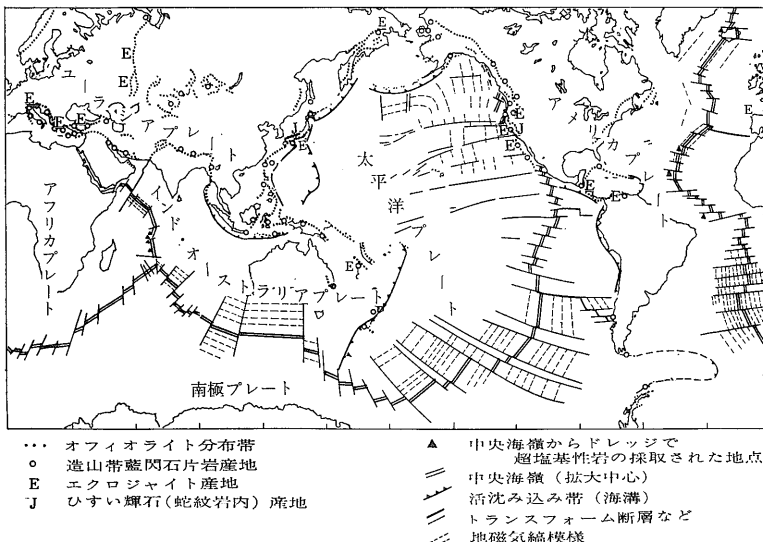
では どのようにして このような仮説が生れるに至ったか その経路を振り返ってみることにしよう.

### 大陸移動説

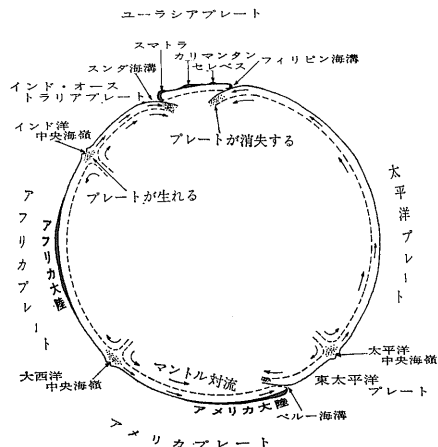
気象学者であるドイツ人 アルフレッド・ウエゲナー (1880-1930) が 1910年代に大陸移動説を提唱したことは誰でもよく知っている. その説とは "アイソスタシーの原理により軽いシアル(Sial: 珩酸とアルミナに富む) 質の大陸地殻は 大洋底から陸地の下に続く重いシマ・(Sima: 珩酸とマグネシアに富む) の中に浮かんで漂移し 相対的に位置を変えてゆく"



第1図 マライ諸島の構造図 (Smith Sibinga 1933) (原図の一部を省略)



第2図 高圧低温型変成帯関連の岩石・鉱物分布図 (R. G. Coleman 1971)

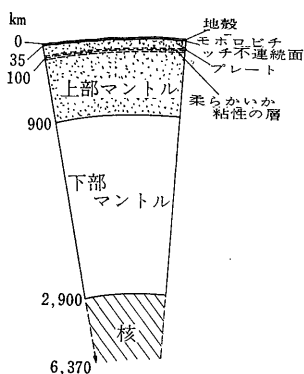


第3図 プレート・テクトニクス概念図（赤道付近地球断面）

というのである。ウエゲナーによると「古い地質時代（石炭紀）には 南北アメリカ ヨーロッパ アフリカ アジア オーストラリア 南極などの地球上の諸大陸は一つの巨大な大陸であった。太平洋はその頃から存在しており その海底にはシマが露出していた。その後 地球に働く天体の力と地球の自転により生ずる赤道方向への遠心力とによって 大陸塊は弱線に沿って分裂し 東から西に また 極から赤道に向かってシマの上を移動し始め 終に現在のように分布するようになった」というのである。この仮説は 諸大陸の形がパズル合せのようによく合うということに気づいたことから生まれたといわれている。しかし ウエゲナーは その形ばかりでなく 化石（とくにグロソプテリス植物群）石炭～二疊紀の氷河遺跡 古期岩石の構造方向などの地質上の観点からみても 大陸が大陸間の大きな陥没によって隔絶されたものではなく 大陸の水平的な移動により分離したものであると考えた方が合理的であると説いた。また 地層の褶曲は地球の収縮により生ずるといわれてきたが 収縮がなくとも大陸と大陸の衝突によりあるいは 移動する大陸の前面に抵抗を受けて山脈ができると考え 褶曲山脈は シアルが西方または赤道方面に向かって動く場合に 重いシマのために圧縮されて生じた皺帯であって この種の多くの山脈が南北または東西の方向をとっているのはこのためであると述べた。また 移動により火山活動も地塊運動も断層地震も造陸作用も起こると説明した。

このように雄大で華々しい大陸移動説は 1920年代には世界的に大きな議論を巻き起こした。

アーサー・ホームズ (1928) は 地殻の下にある固いマントルにも ゆっくりと流動する性質があり その流

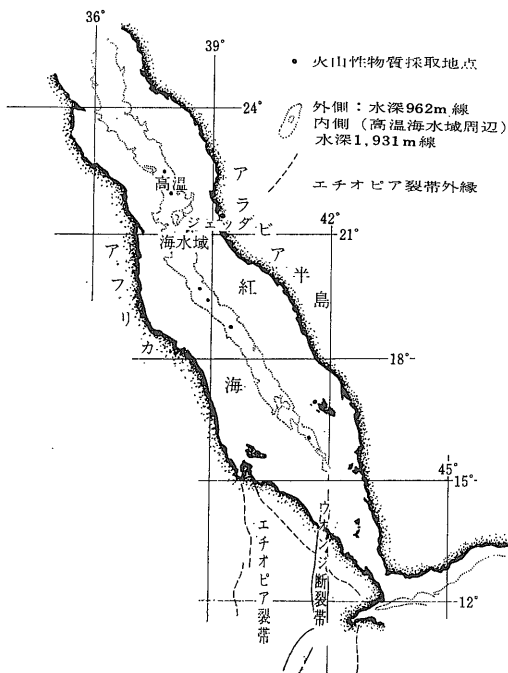


第4図 地球内部構造

動（熱対流）が大陸移動の原動力であると言われ マントル内の流れが大陸の底に上昇して左右に分かれれば 大陸がそこで割れ 流れに乗って両側に離れて行くとともに海が広がって行くことになり 大陸は移動すると考えた。また 1930年にグリックス（ハーバート大学）は マントル流が下りてゆく処に弧状列島や海溝ができると考えていた これらの考えは海洋底拡大説に大変よく似ており その発想にもつながってゆくのである。しかし 当時は 地球は固いものでありたとえ動

いたとしても地球が高温で柔らかかった頃で ウエゲナーが考えたより遙かに古い時代のことであったという思想が強く ホームズの考えもあまり顧みられなかった。このようにして 大陸を動かす原動力は何かという疑問も解けないうまま 大陸移動説の支持者は次第に少なくなり 1930年代にはすっかり人気を失って終わった。

ここで少し横道にそれるが このアーサー・ホームズの考えに都合のよい一例をあげておこう 一見して解るように（第5図） 紅海の両側の海岸線の形がよく調和しており アラビア半島とアフリカ大陸を接近させるとピッタリと接合するのではないか。地質的にも 紅海の両



第5図 紅海の海岸線と海底の火山性物質の採取地点 (B. E. BEGINS & D. A. ROSS 1969)

側には先カンブリア紀の花崗岩類や変成岩類が広い面積を占めており アフリカ大陸とアラビア半島は連続的である。紅海沿岸に分布している第三紀層のうち中新世中期(約2,000万年前)の地層は大陸の堆積物であり中新世後期の地層は海水が侵入したり退いて淡水になったりするような場所に堆積したもので最も新しい鮮新世(約1,000万年前)の地層は海水下の堆積物である。これは紅海付近が陸地から海に変わっていったことを物語っている。一方1966年海洋調査船チェーン号の水深重力磁力地震波などの観測結果からみると紅海の深部には両側の陸地を構成している先カンブリア紀の花崗岩類などはなく玄武岩類や上部マントルを構成しているかんらん岩様物質が上昇してきている(第6図)。また温度測定の結果中心部に60°C 56°Cの堆積物や海水の存在が認められた。以上のことはかつては一つであったアラビア半島とアフリカが2,000万年前頃から紅海に沿って裂け始め現在も離れて行こうとしているのだということをおぼせる。この紅海を中心線に沿う深海部は海洋底拡大説にとって重要な意味をもつ中央海嶺につながっているようである(第25図)。

さて1940年代になると岩石は固まるとき地球磁場の方向に永久磁石となりその方向を保存するという性質のあることがわかった。1950年代にイギリスの学者は岩石に残された磁性を利用した研究により地球の磁極が過去において時代とともに移動したという説を出した。さらにヨーロッパ大陸と北米大陸それぞれの岩石から推定された極の移動経路(軌跡)は傾向が一致しているにもかかわらずややずれていることが注目された。ラオコーンは極は本来一つであるがなにかの原因で見かけ上2つになっているのだと考えた。

そこで北米大陸を東の方へ移動させて極移動の軌跡を一致させると北米大陸とヨーロッパ大陸はパズル合せのようにほぼ接してしまうのである。さらに岩石の地質時代的観点からも古地磁気研究結果はウエグナーの説いた大陸移動の地史とよく一致したのである。

このようにして地球固定説の陰にかくれて眠っていたウエグナーの大陸移動説はラオコーンの古磁気研究成果の大きな反響に呼び覚まされ再び輝かしい脚光を浴びて躍り出たのである。一方海底調査から新しい事実が続々と見出され1960年代初頭には大陸ばかりでなく海洋底も拡大移動するという“海洋底拡大説”が華々しく登場してくる。

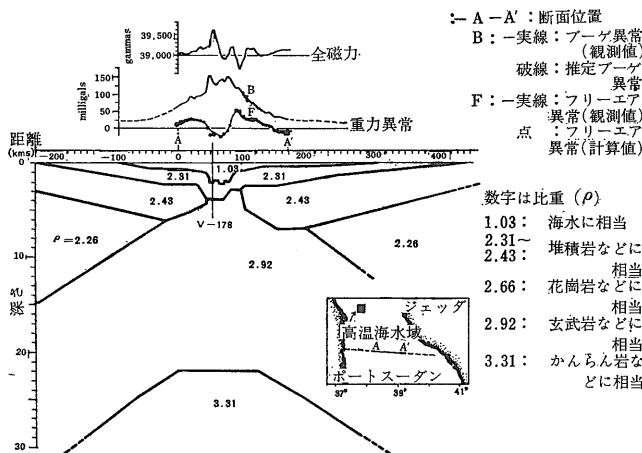
### 海洋底拡大説

深いところでは1万メートル以上にもなる海溝はかなり古くから見出されていた。このような海溝は海洋の中央部にはなく太平洋の東縁では南アメリカの海岸線に平行して存在し太平洋西縁やインド洋東縁ではそこに発達する弧状列島に影のごとく寄り添って並んでいる(第7図)。海溝近くに沿って重力負の異常帯があることも以前から知られていたがとくに戦後船上からの重力測定が可能となり海域の重力異常分布が詳しく知られるようになった。その結果重力負の異常帯がどの海溝にも平行して存在していることがますます明らかになってきた(第9 11図)。

一方大西洋の中央近くの海底に山脈のようなものがあるらしいということは前世紀の半ば頃からいわれていた。これは大西洋中央海嶺といわれるもので1926年頃の調査結果からこの山脈のようなものは大西洋を北から南に縦断する大構造であると推定された。1920年頃に利用された音響測深技術が著しく進歩して1950年代には10,000メートルに達する深海測量が可能となり大西洋海嶺と同じような海底の大山脈が

太平洋インド洋などにもあり高さ3,000メートル幅2,000キロメートル級の海底山脈がほぼ世界を取り巻いていることが1950年頃から次第に明らかになってきた(第2 7図参照)。さらに1953年には大西洋中央海嶺の中心線に沿って深い谷のようなものが連なっていることがわかった。

地震は中央海嶺や海溝付近に頻発していることがはっきりしてきた(第7図)。人工地震法の進歩により1950年代に陸から海にわたって観測が広く行なわれ海底の地形だけでなく地殻から上部マントルにかけての地球内部の状態も明るみに出されてきた。



第6図 紅海A-A'線(北緯20°付近)に沿う構造モデル (B. E. BEGINS & D. A. Ross 1969)

地殻熱流量は 平均的には海洋地域は大陸地域より遙かに小さいであろうと想像されていた。ところが地殻熱流量の測定法が進歩し 1950年に それがほぼ等しいことが見出され マントルから供給される熱量が陸より海の方が大きいと推定された。1960年頃の調査結果によると 中央海嶺の頂上部では地殻熱流量が大へん大きいと それに反して 海溝部は地殻熱流量が小さいということになった。また 人工衛星を利用して船の位置が迅速に決定できるようになったので 海洋地域に関する新しい資料がますます豊富になり 海洋底拡大説の生まれる時期が近づいてくる。

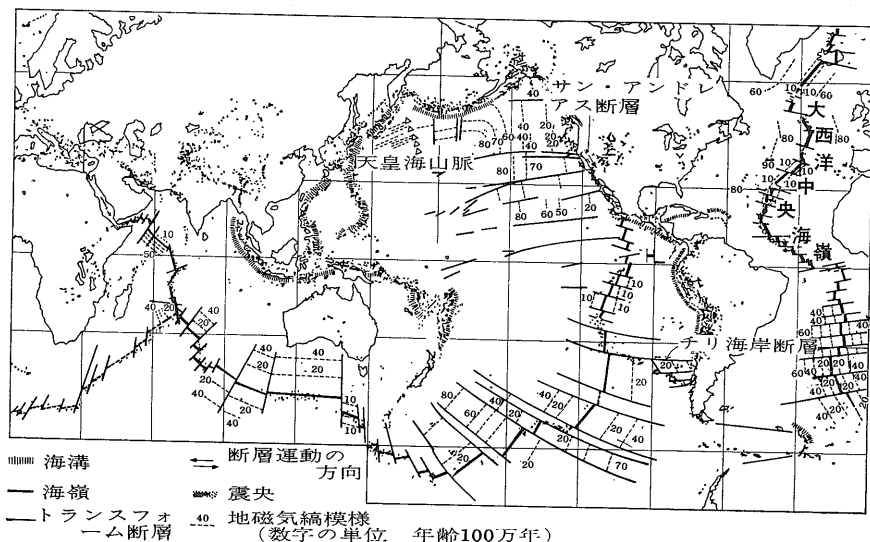
中央海嶺付近に地震が起きていることは そこが変動の場であることを思わせる。中央海嶺中部は熱流量が大きいと そこにある深い谷のようなところは ホームズ(1928)が考えていたように マントル内の流動により地球内部から上昇する熱い物質が地表部に出る溝ではあるまいか。地球内部からの物質が次々と出口に付着されれば 海底は増大し マントル対流に助けられて外側に押し広げられ 移動するのだと発想させる。それでは その行く先はどうなるのであろうか。行く先にはその移動を阻むごとく弧状列島や大陸があり それに沿って 海嶺付近に比べて遙かに大きな地震が頻発しているのではないか。この地震は 押し寄せる海底とこれを迎え打つ弧状列島や大陸とが衝突する結果起るのではあるまいか。また 弧状列島や大陸縁に沿って海溝があり この付近では重力が異常に小さいが これはどうしたことであろうか。アイススタシイの説(地殻均衡説)によれば 海水より軽い氷山が海に浮かぶように マントルより軽い大陸地塊がマントルの上に浮いて

いる格好となって 地球表面に凹凸があっても 地下のある深さに達すれば その上部の及ぼす圧力は等しくなると均衡状態にあるというのである。この説が成り立つならば海溝付近でも重力は小さくならない筈である。海溝付近で重力が小さいのは 海底が海溝部で下方に滑り込み そのため地殻やマントルを引きずり込んだり地球内部の重い物質を下方に押しつけているので不均衡状態になっているのではないかと想像させる。

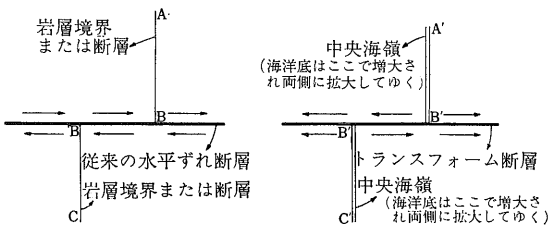
ハリーヘス(1961)は “中央海嶺はマントルから高温物質が出るところで そこで作られた海洋底地殻は増大して中央海嶺の両側にひろがり 移動し 海溝に行き着くと そこでマントルに沈み込んで行くのだ” ということを予言した。これと前後して デイツも “海洋底拡大説” という同じような仮説を打ち出し 地球表面からある深さ(70キロメートル位)までの硬い岩石圏が その下のやや柔い層の上を動くと考えた。

大洋底の動きの速さはいろいろな理由から年間数センチメートルから10センチメートル位と考えられているが中央海嶺から海溝に行き着くまで1億年位から3億年位かかることになり 海洋底は常に新しいものになってゆくことになる(第7図)。これは海底に中生代より古い岩層が発見されていないことや 海が何億年も存在した割合には 海洋底の堆積物の厚さが薄いことを合理的に説明しているとも考えられた。このようにして 大きな魅力をもった海洋底拡大説が 多くの地学者の間にすばらしい人気を得て 海を舞台に活躍することになる。

さて 海洋底拡大説が現われてから 次々とこの説に真実味を加えるような現象が認められてきた。



第7図  
海底の年輪 (J. HEITZLER 1968)



第8図 トランスフォーム断層 (矢標：移動方向)

a. 海底の地磁気を測定してみると 地磁気の異常が中央海嶺の軸に対して対称的な縞模様となり それが幅約10キロメートル 長さ約100キロメートルも続き 縞目がとところどころ切れて 100キロメートルから1,000キロメートルも相対的にずれている(第7図). 1963年地磁気の縞状異常は磁化の強弱によるのではなく 磁化の向きが反対に交互に変化したことによるという説明がなされた. すなわち ある時期にできる海底は全部北向きに 次の時期に作られた海底は南向きに磁化したことになる. 中央海嶺付近で次々に磁化された部分が移動することによって 海嶺に平行な縞状の磁気異常模様が生ずるというわけである. また 数100万年かかって積ったと考えられる厚さ10メートルほどの海底堆積物のなかでも 正逆交互の帯磁が認められた. こうして地磁気逆転の歴史は世界の火山岩 海上磁気の縞模様および海洋底堆積物の3つに記録されていたことになり これらの地磁気逆転の年代を比較してみると 定量的に一致するというのである. J. T. WILSON (1965) は 磁気異常模様や中央海嶺に 大きなずれを生じさせている走向移動断層を海洋底拡大説により説明し このような断層をトランスフォーム断層 (Transform fault) と呼んだ (第7 8図).

b. 大西洋に点在する島の岩石の年齢は大西洋中央海嶺から遠ざかるにしたがって 1,000万年から 1億2,000万年へと年代が古くなる. 1960年代後半から行なわれたボーリングにより採取された海底堆積物基底部の年齢を調べてみると 太平洋 大西洋のいずれにおいても中央海嶺から遠ざかるにつれて年齢が古くなり 海洋底拡大説の予言とよく一致した.

このようにして 1960年初頭に現われた海洋底拡大説によれば マントル対流により上昇したマントル物質が中央海嶺または大規模な亀裂に沿ったところに付け加わり そこで海底が新しく生まれ そこから両側に生長し 広がり 移動し その前面は海溝にたどり着くとそこで沈み込んで行くのである. この仮説は大陸移動説を支持するものであり 大陸が拡大する海底に乗って動くこ

とになる. たとえば 南北アメリカ大陸やアフリカ大陸は大西洋中央海嶺から両側に広がる海底に乗って移動し 両大陸間に大西洋が生じたというのである. この拡大移動する海底は 次に現われてくるプレート・テクトニクスでは 剛体の板となって活動を続けてゆくのである.

プレート・テクトニクス

地震は中央海嶺地域 トランスフォーム断層 弧状列島および造山帯に集中して起こっている. 地球上層部は 地震や断層活動の行なわれるような弱帯 あるいは無理な力が働いて不安定な地帯を境にして 幾つかの部分に区切られているようにみえる(第7図). また 地震波の観測結果では 地表から70キロメートル位の深さまでの上層部は地震波速度が速くて剛いことを示しており この下部に地震波速度の遅い層があって ここは上層部より柔らかいと推定される. デイーツが考えたようにこの剛い上層部が柔らかい下層の上に浮いたような状態にあるともみられる(第3 4図). したがって地球上層部はいくつかの剛い板状の部分(プレート)に区切られており そのプレートが下層の上を移動し その接触する境界部に地震や火山活動が起こるらしい. 海溝付近から大陸に向かって深発地震の震源は深くなり 深発震源帯は大陸側に向かって傾斜していることになるが この帯はもぐり込む大洋プレートとその上位の大陸プレートやマントルとの境界ではなからうか. しかも地震波動の研究からみると 地震に伴う運動が海洋底拡大に伴う運動と一致している. 中央海嶺系 海溝・島弧系およびトランスフォーム断層系に境されたプレートは 海洋底拡大説が主張するように中央海嶺で作られ 中央海嶺の両側に広がり 移動し 海溝に達して島弧の下にもぐり込んでゆく. あるいは あるプレートは他のプレートの上のし上がる. これらのプレートがお互いに押し合いあるいは衝突して その接触部に動的な地震や地質現象が起こるのだ. こうして この章の冒頭に述べたようなプレート・テクトニクスの仮説が 1966年頃 フランス イギリス アメリカの若い学者からほとんど同時に提唱されたわけである.

中央海嶺系 海溝・島弧系およびトランスフォーム断層系に境されたプレートを見ると(第2 3図) ほとんど大陸からなるもの(ユーラシアプレート)もあれば大陸移動説で浮島のごとく考えられた大陸と大洋底が一続きのこともあり(アメリカプレート アフリカプレートなど) 海洋底拡大説ではコンペアベルトにもたえられる海洋底だけからなるもの(太平洋プレート)もあ

る。また現在三方を中央海嶺に囲まれ大陸縁に海溝がなく動きのとれそうもないアフリカプレートもある（中央海嶺がアフリカ大陸から離れて行くのかも知れないが）。海洋底拡大の速度が沈み込みの速度と異なれば沈み込み帯と中央海嶺の相対的位置は一般に変化することになる。こうして紅海にみられるように大陸が分裂しその裂け目が中央海嶺と化しそこでプレートが生まれ拡大する。拡大移動するプレートの上に乗ってたとえばアメリカ大陸やアフリカ大陸が離れてゆくとともに大西洋も広がることになる。あるいは海洋プレートが大陸や弧状列島の下に沈み込むことによって太平洋におけるごとく海洋プレートが縮小することにもなり海洋プレートの縮小とともに大陸と大陸が接近して最後に衝突してヒマラヤ山脈のような造山帯が出現することにもなるというのである。

説明が不十分で解り難かったと思うがプレート・テクトニクスが提唱されるまでにたどった道を大急ぎで振り返ってみた。ところで主として海洋底の調査結果と地球物理学的根拠から生まれたプレート・テクトニクスが主張しているようなことは少なくとも過去数1,000万年の間行なわれて現在にいたっているというのである。一方陸上を主な舞台として調査され論証されてきた地質学的現象（地向斜と堆積岩 褶曲・断層 変成岩 火成岩 鉱床 弧状列島など）はプレート・テクトニクスが主として対象としてきた現象よりもずっと古い地質時代にまで及んでいる。このような地質現象はプレート・テクトニクスの観点から合理的に説明されるのであろうか。

#### プレート・テクトニクスから見た地質現象

大陸地殻は珪酸 アルミナに富む酸性に近い岩石からなり大陸地殻の下部や大洋地殻は珪酸 マグネシア鉄に富む塩基性岩からなるということはかなり古くからいわれてきたことである。

海溝付近には大洋性の堆積物があり海洋底を構成していると考えられている海洋性玄武岩 斑れい岩などの塩基性岩がみられ火山活動はほとんど起こっていない。ところが海溝に対し大陸側にある島弧には火山活動が盛んであり大陸地殻の成分に近い火成岩が発達している。このようなことを頭において古い時代の地質現象に注意してみると次のようなことがしばしばある。

造山運動の行なわれたと考えられる地帯には日本の三波川帯と領家帯のように地質上異なる特徴をもった2つの地帯が対をなして配列されていることが多い。この一方の地帯（ここではかりにB帯と呼んでおく）は

粘土質と砂質堆積物の互層 チャート 火山性物質を含む堆積岩 オフィオライト（蛇紋岩 斑れい岩 輝緑岩または海洋性玄武岩を一括したもの）で特徴づけられており 高圧低温の変成作用でできた藍閃石などの鉱物を含む変成岩が発達している。地質構造的には同斜褶曲や衝上断層が発達し衝上断層の多くはこれと対をなすもう一方の地帯に向って傾斜する。また海底地帯りによって生じたと考えられる著しく変形された地層や構造運動によりひどく変形 破碎 混合されたと考えられる岩体（メランジュ）がしばしばこの地帯に発達するといわれている。メランジュ（Melange）という言葉がプレート・テクトニクスの観点から地質現象を論ずる場合によく用いられるのでここで簡単に説明しておこう。

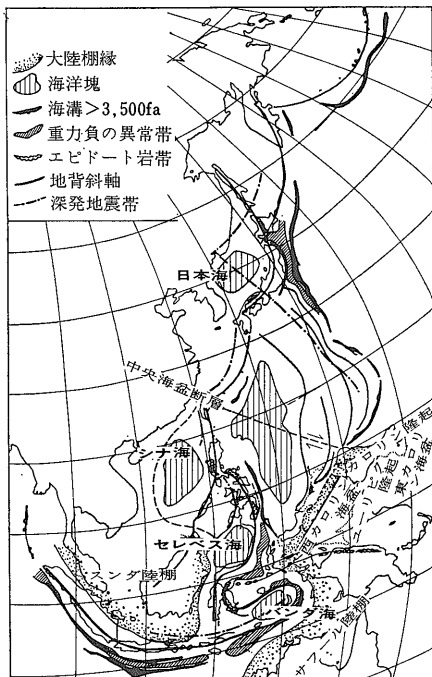
メランジュとは“autoclastic mélange”の略で GREENLY (1919) がイギリスのウェールズのアングルセイ島の先カンブリア系の岩体の説明に初めてこの言葉を用いた。K. J. Hsu (1968) によると次のようなものである。“メランジュとは構造的に混合された岩片または岩塊を含む岩体で長さ数マイルにも達することがある。この岩体は外来 生来両方の岩塊とマトリックス（基質）からなっておりこのマトリックスは普通泥質で広く剪断されている。生来岩塊はかつては現在引き伸ばされ変形されているマトリックスに挟まれていた砕け易い層が分割されたものである。外来岩塊はメランジュの主岩体とは別な岩層学的単位（rock-stratigraphic units）から構造的に分離され包有されたものである。ウィルトフリッシュ（Wildflysh）という名が CADISCH (1953) によりこの種岩体に用いられたがここでは海底地帯りや風化崩壊による未固結の状態で混合したものと固結したものが構造的に混合したものを区別していない”。

さてもう一方の地帯（ここでかりにA帯と呼んでおく）は花崗岩類や低圧高温の変成作用でできたと考えられる珪線石などの鉱物を含む変成岩が発達し安山岩類ソレライト玄武岩 アルカリ玄武岩 流紋岩など各種の火山岩が広く分布している。火成岩は内陸側に向うほどアルカリとくにカリの量が一般に増加する。構造的には地塊運動で特徴づけられ地溝が形成されていることもある。そこでプレート・テクトニクスと地質現象を関連づけて考えようとする地学者は次のように考える。

“現在の海溝付近の堆積物はほとんど無化石堆積物と火山性物質からなる海洋性物質からなり B帯の堆積物

に似ている。したがって **B** 帯の堆積物は現在の海溝帯に似た環境で生成されたものらしく 基盤は海洋地殻であったであろう。オフィオライトと高圧低温で生じた鉱物に特徴づけられる **B** 帯に相当するような地帯の世界的分布状態をみると (第 2 図) 現在のプレートとプレートの境界付近またはかつてのプレートとプレートの境界と想定される造山帯に分布しているではないか。一般に **B** 帯は **A** 帯より海洋プレート側にあり 現在の沈み込み帯に相当するような場所であったのであろう。だから過去においても大洋側から押し寄せてきたプレートが沈み込む **B** 帯では熱流量が小さく 低温高圧下でできた変成岩や海底下の岩石の組合せに似ているオフィオライトに特徴づけられ 沈み込むプレートの圧力で特徴的な地質構造が発達しているのだ。さらに現在でも海溝近くの島弧には高圧・低温下で広域変成作用が行なわれているのであろう。オフィオライトは火成岩であるが 現在の島弧下の熱の状態からみると 海溝側に岩漿活動が起こるのは問題とし オフィオライトの全部または一部は海洋プレートの移動により海洋地殻や海山が構造的に巻き込まれたもので 岩漿活動の産物ではないとも考える。事実 オフィオライトは高温で晶出すると考えられる鉱物からなっているにも拘わらず 花崗岩のように周囲の岩層に熱変成作用を与えていない。

現在 海溝の内陸側に島弧があり 火山活動が起こっ



第 9 図 西太平洋の島弧 (H. H. HESS 1948)

ている。傾斜している深発震源帯は大陸プレートとこの下に沈み込む海洋プレートの境界面であり 火山帯の火山活動は深発震源帯と関連して起こっているのであろう。地質時代の **A** 帯は現在の火山活動帯に相当し 過去の深発震源帯の上に火成活動が行なわれたところであり 当時も熱流量が大で 高温低圧型の変成作用が行なわれたのであろう。現在の活火山帯下にも大規模に花崗岩が生成されつつあり 高熱下で接触変成作用が行なわれているのであろう。火成岩の成分が大陸に向かって変化するのは その火成活動の行なわれる地殻の性質とは無関係で 深発震源帯の深さに関係しているのであろう。 **A** 帯にこのような高熱を伴う火成活動が何故起こるかという疑問に対し 沈み込みによりプレート間に起る摩擦に原因するという考えもある。

プレートの沈み込みは一方に向かって行くので そこに生まれる造山帯の構造は対をなす **B** 帯と **A** 帯のように非対称的となって現われ **B** 帯は海洋プレート側 (外側帯) に **A** 帯は大陸側 (内側帯) に生ずるのだ。 **B**・**A** 両帯からなる造山帯も この 2 帯があまり明瞭でない造山帯も大陸縁あるいはかつては大陸縁であったと考えられるところがあり プレートとプレートの境界付近にあたり プレートとプレートの作用により造山帯が形成されたにちがいない”

このようにプレート・テクトニクスと地質の関連を論ずる舞台は 海洋底拡大説を生み海洋プレートを生産すると考えられる中央海嶺付近から 海洋プレートが沈み込み消費されると考えられている海溝や島弧の発達する舞台 とくに太平洋西側に移動され そこに深い関心と興味注がれる。この舞台の一部である東南アジアの弧状列島の問題に話を移そう。

## (2) 東南アジアの弧状列島群

### 弧状列島の似通った特徴

太平洋西縁に弧状列島が幾つも集まって 太平洋側に向かって波が押し進んでゆくような特異な様相を見ると誰でも大きな興味を覚えるであろう (第 9 図)。

これらの弧状列島はユーラシア大陸 (シアル地殻) の東縁と太平洋 (シマ地殻) の西縁およびオーストラリア大陸 (シアル地殻) の北縁との中間地帯にある。列島弧は一般に大洋側に凸であって内海を抱き 列島弧に沿って火山帯が走り 中央海嶺やトランスフォーム断層系付近に比べて はるかに大きな深発地震が頻発している。列島弧の大洋側に沿って 海溝や重力負の異常帯が影のごとく付添っている。このような現象の配列を見ると大洋側から大陸側に向ってほぼ 海溝—重力負の異常帯—島弧 (隆起) の軸—火山帯—縁海の順になっており

深発震源は海溝付近から大陸側の縁海に向って次第に深くなる。これらの共通性は 弧状列島帯に見られる諸現象が同一の原因に基づいていることを示していると考えられている。プレート・テクトニクスの観点からは海洋底をなすプレートが他のプレートの大陸の下にもぐり込むところに海溝や弧状列島が作られ 1つの型の造山帯が形成される。また 大陸を乗せた2つのプレートが衝突すると アルプスやヒマラヤ山脈を作ったような別の型の造山帯が形成されることになる。

ところで インドネシア付近は 北から フィリピン諸島に南下してきた環太平洋造山帯とヒマラヤからスダ列島に南下してきた東北インド洋造山帯と交差するところという考えがある。大陸と大陸の間に生じたアルプス ヒマラヤ造山帯はインドの東から 北側に大陸を控え南側にインド洋に開放されたスダ列島となり バンダ列島・セレベス付近の造山帯は 再び北のユーラシア(ヨーロッパからアジアに及ぶ)大陸とオーストラリア・ニューギニア大陸との間に挟まれる フィリピン琉球列島に至れば 今度は西にユーラシア大陸を控え東は太平洋に開放されている。列島弧のうちでも最も複雑な形態を示している部分(バンダ弧・セレベス・ホルマヘラ付近)はこの大陸に挟まれた部分であり プレート・テクトニクスから見れば ユーラシアプレートインド・オーストラリアプレートおよび太平洋プレートの3のプレート フィリピンプレートを考えれば4つのプレートの接するところである(第2 19図)。

弧状列島として多くの共通性をもち とくに複雑な形態を示しているインドネシア付近の列島弧群に注目し

この舞台上地球が演出してきた構造運動による造山帯を多くの地学者がどのような見方をしてきたかを たどってみよう。

インドネシア付近の弧状列島群の地質構造(第10図)

プレート・テクトニクス誕生までの地質観:-

インドネシア付近の花彩列島については 今世紀初めから半ばにかけて とくにオランダの学者達(MOLENGRAAFF, RUTTEN, BROUWER, SMITH SIBINGER, KUENEN, UMGROVE, VENING MEINESZ, VAN BEMMELEN, WESTERVELD 等)によりいろいろなことが明らかにされてきた。スダ列島沖の海溝が SUPAN により見出されたのは 1907であった。これは HANG (1908) により地向斜と同等視され 東インド諸島で地質構造を研究していたオランダ人 MOLENGRAAFF (1913) は これらの島々はこれから褶曲山脈となって行く初期の段階であると考えた。

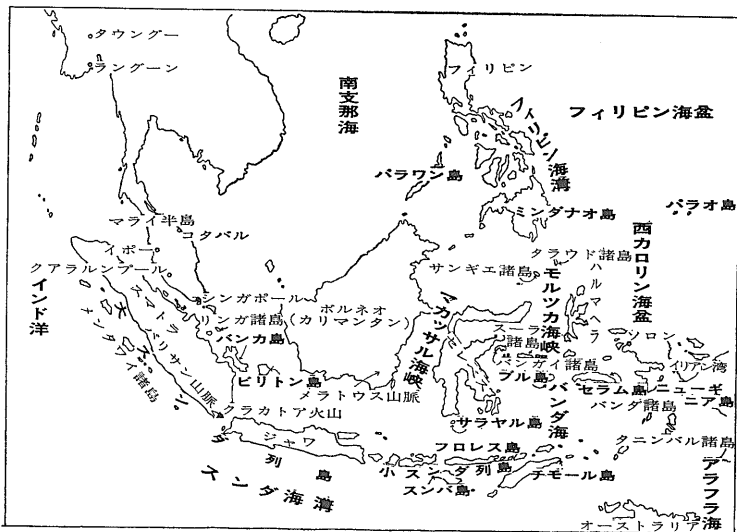
冒頭に述べたように WEGENER (1922) は 環状のバンダ列島弧はもと真つすぐに延びていたが オーストラリア大陸地塊の移動により変形されたものとして バンダ列島弧の屈曲を大陸移動により説明した。

BROUWER (1925) は 褶曲された上部古生層と第三紀層の走向を追って スンバ島 チモール島および外側バンダ列島弧を結びつけ 西ニューギニアと東ホルマヘラを繋ぎ ジャワ 小スダ列島および内側バンダ弧を連ねて列島弧の連続関係を追求した。

STAUB (1928) は 東インドネシアのスーラ諸島の突出がバンダ弧の著しい屈曲をひき起こしたと考えた。

Van BEMMELEN (1931~1935) は インドネシア付近

の地質調査の結果から “深部からシアル質(花崗岩質)の岩漿が垂直方向に上昇するために地殻が隆起し 隆起した部分の岩層が隣接した低い処に重力のために滑り降りるので そこに褶曲や衝上運動が起る” という説(Undation theory)を立てた。彼は インドネシア付近に9つの岩漿上昇中心部(アルプス 東アジア 環オーストラリア各造山系に属するものそれぞれ 4 4 1)を人為的に設定して インドネシア弧状列島のとくに新第三系の地質構造を説明しようとした。しかし 複雑難解でこれを支持する人はほとんどなかった。



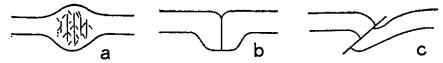
第10図 インドネシア付近地名図



オランダ人 Vening MEINESZ (1932) は 1927~1930年の海洋調査により重力負の異常帯を見出した(第9 11図参照)。彼はこの現象について 軽い物質からなる地殻(シアル)が マントル対流によって水平方向の圧縮をうけて屈曲し 下方にある重い物質からなるマントルにめり込み その部分で軽い物質の層が厚くなっているため 重力負の異常帯を生じているというふうに考えた(第12b図)。さらに この屈曲帯の間にあった堆積物は褶曲され 過褶曲状態となったと考えた。

大陸移動説の支持者 Smith SIBINGA(1933)は BROUWERよりさらに詳細に列島弧の連続関係を追跡し 後で訂正しなければならないところもあったが 第1図に示すようなみごとな解釈をした。そして セラム島からチモール島まで続くバンダ列島弧は オーストラリア大陸の北方移動の影響により強く圧砕されていると説いた。

オランダ人 UMGROVE (1938) は 重力異常に深発地震などの要素を加え 側方からの圧縮による地殻の下方へのめり込み(down-buckling)という MEINESZ の考えに基づきインドネシア付近の島弧について論述し 大陸移動説を否定している。また MEINESZ (1932) と同様な陸棚を考え アジア オーストラリア両大陸間にバンダ地向斜を想定し ここに2つの地向斜を区別し その一つは後期白亜紀と中新世の褶曲帯(バンダ弧)となり 他の一つは中新世の褶曲帯(スダ列島)となったと考えた(第13図)。彼は1945年にこれまでの考えを改めて 重力負の異常帯について第12c図のように大陸側の地殻が大洋側の地殻に衝上しているために その部分に軽い層が厚くなっていると考えた。



第12図 下方屈曲 (Downward buckle) のモデル

STILLE と LOTZE (1945) は インドネシア地域は地塊を取り巻く3つの同心円状の褶曲帯からなると考えた。すなわち 後期ジュラ紀(後期シメリアン) 後期白亜紀(ララミド)および第三紀の褶曲帯がマライ半島 東部タイおよびインド支那の一部を占める石炭紀の造山地塊(パリスカン造山地塊)の周囲を取り巻いているのだと考えた。

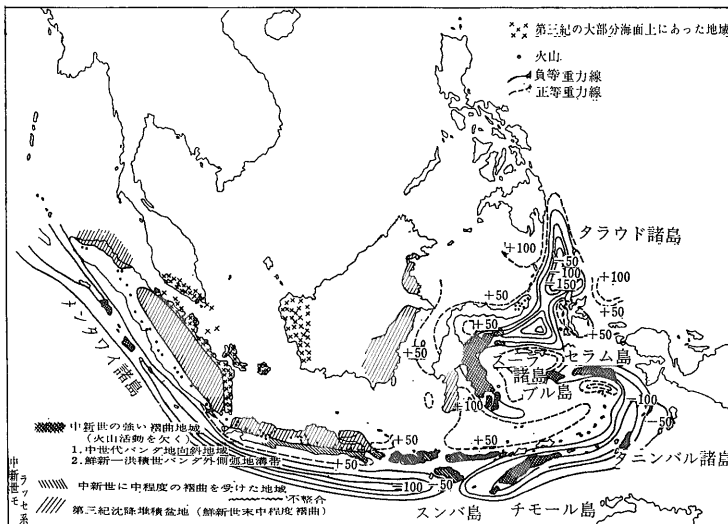
石油地質家 SCHUPPLI (1946) は この地域の褶曲系をオーストラリア・太平洋系(ニューギニア-ハルマヘラ)と環アジア大陸系(スマトラ-ジャワ-ホスダ列島-セレベス)に区別し インドネシアの若い褶曲山脈は ゴンドワナ(オーストラリアからインドにまたがる)アジア大陸(マラヤ 西ボルネオ 錫島 ジャワ海および南支那海を含む)および太平洋の3つの地塊にはさまれた枠の中で変形されたと考えた。

オランダ人 WESTERVELD (1949, 1952) は 褶曲時期 鉱化作用の時期 構造の型により4つの造山帯を区別した。すなわち

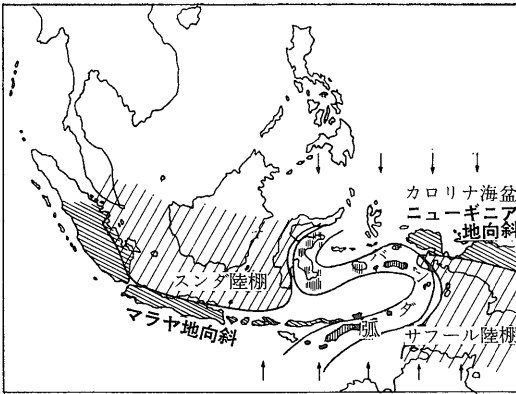
1. ジュラ紀後期のマラヤン造山帯: この造山帯はスダ陸棚地域 マライ半島およびその北北西地域にわたり 二疊石炭紀と後期三疊紀の堆積岩 火山岩およびこれら貫く花崗岩体からなっており 主としてジュラ紀後期において褶曲運動と深成火成活動があった。この造山帯には錫 金 ボーキサイトの鉱床が生成されている。

2. 白亜紀~古第三紀前期のスマトラ造山帯: この造山帯は南ボルネオのメラトウス山脈 中央ジャワのセラジュ山脈 スマトラのピットーパリス山脈にわたる地域であって マラヤン造山帯から移行して褶曲が行われ 一部に白亜紀の深成火成岩がみられる。この帯には金 銀などの高熱交代鉱床 鉄ラテライト 金の漂砂鉱床などがある。

3. 白亜紀~古第三紀のモルツカ造山帯: この造山帯は現在のスマトラ西岸沖諸島 チモール 外バンダ弧および東セレベスにより占められている地域であって 強い褶曲と過褶曲を受けた古生代後期 中生代 第三紀 古期の岩石に特徴づけられており 中生代後期~第三紀前期に活動したと思われる 超塩基性岩が大規模に



第11図 インドネシアの地質と重力負の異常帯(UMGROVE 1949より)



第13図 バンダ地向斜 (J. H. F. Umgrove 1938)

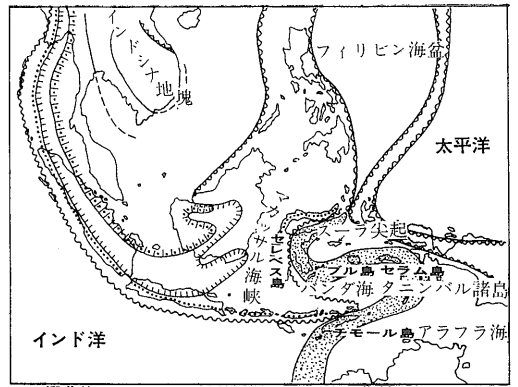
みられる。白亜紀と古第三紀の褶曲と火成活動はこの地域にも影響を及ぼした。この造山帯に珪酸塩ニッケルおよびかんらん岩に伴う鉄ラテライトがある。

4. 中新世末のスンダ造山: この造山帯は モルツカ スマトラ両造山帯の中間帯 (スマトラ西岸—南部ジャワ山地—小スンダ列島—環状内側バンダ弧—サラヤル島を含むフロレス諸島—セレベス西側弧—サンギエ諸島—ミンダナオ中央部に至る地帯) にあたる。この地域は中新世には細長い沈降地域であってここに安山岩などの火山岩や堆積物が厚く堆積したがこれは中新世末になって褶曲し安山岩デイスサイト 閃緑岩および花崗岩に貫かれた。この帯は金 銀およびマンガンの浅熱水鉱床に特徴づけられる。

UMGROVE (1949) は Vening MEINESZ の重力異常図と地質資料により スマトラ—バンダ列島弧—フィリピンに走るマラヤ地向斜が内外両側の2重の弧からなっていることを示した(第11図)。これはすでに述べた彼の1938年頃の考えとはやや異なっており 島弧の連続性については Smith SIBINGA (1933) に似ているが より具体的な資料と根拠により図示している。重力負の異常帯と一致している外側弧は鮮新世に褶曲したところで火成活動がなく 堆積岩からなる地帯である。

KRAUS (1951) は 地殻に上部と底部の2つの流動帯(2階式流動帯)を想定し インドネシア東部の複雑な屈曲構造形態は上部流動帯の東方移動と底部流動帯の西方への移動(スーラ突起の西方への移動)により生じたと考えた。上部流動帯の移動が一般の地向斜造山を引き起し 底部流動帯の移動は上部流動帯に属する褶曲弧を変形 破壊すると考えた。

L. U. De SITTER (1956) は 異様な形態を示すインド



第14図 インドネシア付近地質構造発達概略図(KLOMPÉ 1957 部分図)

ネシア列島弧の成因について次のように述べている。

“この著しい湾曲は恐らく一部は大陸の縁辺部の形 一部は大陸の相異った移動 一部は中新世の造山運動によるものであろう。現在のバンダ列島弧地域は 中新世褶曲期に南北にかなり圧縮されたことはほとんど疑いない。ニューギニア—スーラ諸島の褶曲された地背斜は引き延ばされ フィリピン弧の延長にその突端を押し込み逆向きのセレベス弧を生じた。マライ弧は同様にチモール島の西のバンダ列島弧に侵入した。このようにして南北方向の圧縮により その直角方向に生じた東西方向への伸長は もともとやや曲っていた地向斜をS字型に変形させた”。

KLOMPÉ (1957)は マカツサル海峽を境にして インドネシア東西で地質構造に大きな差があると考えて 新しい構造概略図を作った(第14図)。このクロンペの構造図は インドネシア西部ではパリスカン(石炭紀) シンメリアン(後期三疊紀~ジュラ紀末) ララミド(後期白亜紀) および第三紀それぞれの時代に造山運動の影響を受けた地帯が インド支那の先カンブリア系の古い地塊を中核としてその周囲を取り巻いていることを示している。アジア オーストラリア両大陸の中間帯にあるインドネシア列島東部のかなりの部分(南部ニューギニア スーラ突起部 バンダ地向斜 バンダ海 アラフラ陸棚などを含む)はパリスカン造山運動に固結されないままバンダ地向斜となり 第三紀の造山運動で現在の外側バンダ列島弧となったことを示している。これは WESTERVELD (1949) の考えとは異なり 1938年頃の

UMGROVE の考え方に近く スンダ モルッカ両造山帯 (WESTERVELD 1949) は1つの地轴向斜から造山化したものではなく バンダ列島弧 (チモール タニンバル セラム プル) およびセレベス島東部は別の地轴向斜から発展したという考えである。

1960年 東京でエカフェ地域地質構造図の編集がとり上げられたことは前回紹介したが この頃から海洋底拡大説が登場してくる。

日本列島では30年以上も前に日本の学者によって見出されていたことであるが Vening MEINESZ (1964) はインドネシア付近の島弧では 100~150キロメートルの深さの震源と活火山との地理的分布が一致していることを指摘した (第15 20図参照)。

1967年 プレート・テクトニクスの説が提唱されこの地域の弧状列島の成立ちや生成発展の問題も このような仮説と関連して考えられるようになった。 前回 (本誌 219号) で述べたようにエカフェ地域地質構造図作成作業がはかばかしく進展しないうちに 1970年から今度の会議に提出されたプレート・テクトニクスを考慮したインドネシアの構造図の編集が進められていったわけである。

そこで このインドネシア付近の地質構造試案図作成の立役者となったハミルトンやカティリの考えを中心にして プレート・テクトニクスに基づいたインドネシア付近の地質構造に対する見方を紹介してみたい。

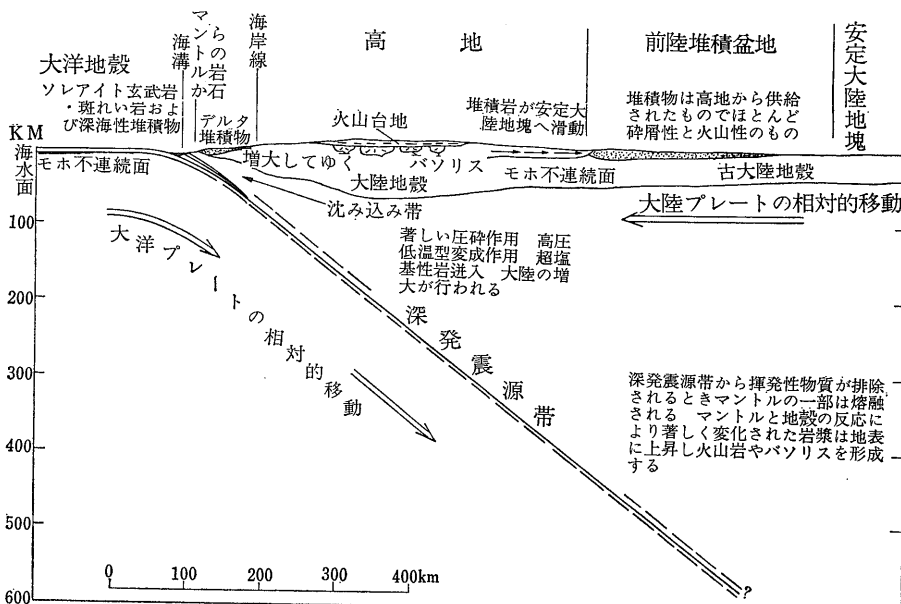
プレート・テクトニクス誕生以後の地質観：一

HATHERTON と DICKINSON(1969) は深発震源帯(Benioff zone) と関連して インドネシアの火山岩の成因を論じ FITCH (1970) は 地震学上からプレート・テクトニクスの考えをインドネシア地域に適用した。

ハミルトンはプレート・テクトニクスに関して いろいろの人の考えに彼の考えを加えて 次のようなことを想定している (第15図)。

1. プレートが他のあるプレートに沈み込むところでは 沈み込み帯 岩漿活動帯 前陸堆積盆地または縁海のような構造帯があり このような平行な帯の岩相や地質構造の特徴が系統的に帯から帯に変化しており このような構造帯がいろいろな時代に存在した。
2. ある地域が次第に沈降し 堆積物が厚く積ったある段階になると造山運動や火成活動が起こるといった地轴向斜の発展段階はない。 プレートとプレートが衝突するところの安定大陸縁に大洋物質が大洋底というコンベアベルトにより運ばれてきて付加され 大陸プレートが生長すると同時に火山活動により物質が供給され 堆積されて そこが造山帯になる。
3. 造山運動は周期的に行なわれぬ、時代によりプレートの境界は大洋側 時には大陸側に位置を換え 前進 後退し 沈み込み帯の傾斜の方向や傾斜の角度も変化する。

ハミルトンは また 次のような仮定を設けることによって地域の地質構造の変遷を説明しようとしている。

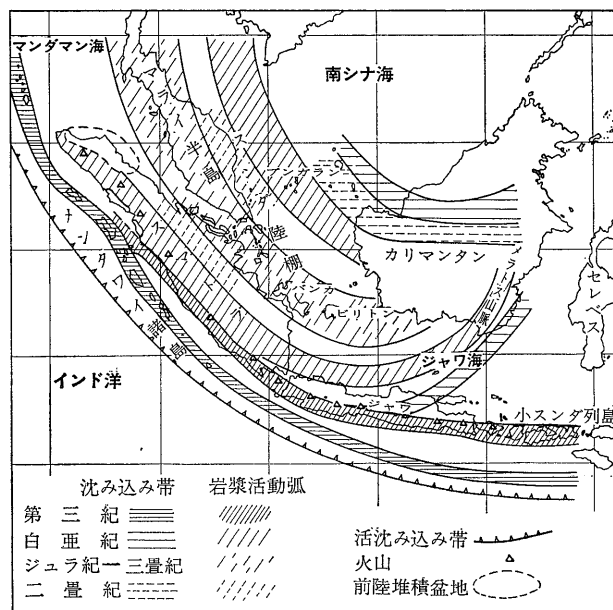


第15図  
深発震源帯と沈み込み帯  
岩漿活動帯および前陸堆積盆地との関係を示す概念図 (HAMILTON 1970)

1. 沈み込み帯 (Subduction zone) は オフィオライト (Ophiolite) メランジュ (Melange) ウィルトフリッシュ (Wildflysh) および高圧低温型変成岩 (Blue schist) などに特徴づけられる。
2. 岩漿活動帯は深発震源帯 (Benioff zone) の上方で形成され 安山岩や花崗岩などの中性・酸性岩が発達する。
3. 造山帯の截頭面 (Truncation) は裂け目 (Rifting) を示す。

このような特徴をもった構造帯を地質時代毎に対応させることによって 東南アジアとくにインドネシアの地質構造の変遷について考察を進めている。

なお“東南アジア地域地質学会”(本誌219号参照)では プレート・テクトニクスに関連してかなりの講演が行なわれたが その内容は 時代毎に対応する沈み込み帯と岩漿活動帯を求め この各時代に相応するプレートがどのように挙動して地質構造が変遷したかを論じたものが多かった(第16図参照)。 議論を進めてゆく場合に 沈み込み帯か岩漿活動帯の一方しか現在考えられない場合に 対をなす一方を現在の海域に推定したり 沈み込み帯の陸地から後退する原因を陸地の増大に求めたものもあった。 東南アジア地域では 地質時代に大小のプレートがいろいろな方向に移動し 衝突し 沈み込み帯の位置は移動し 沈み込む方向もプレートの傾斜も時代によって異なり 時には2つの沈み込み帯があって同時に向かい合って相反する方向に沈み込み 干渉するという話もあった。



第16図 インドネシア付近の沈み込み帯と岩漿活動弧 (J. A. KATILI 1973)

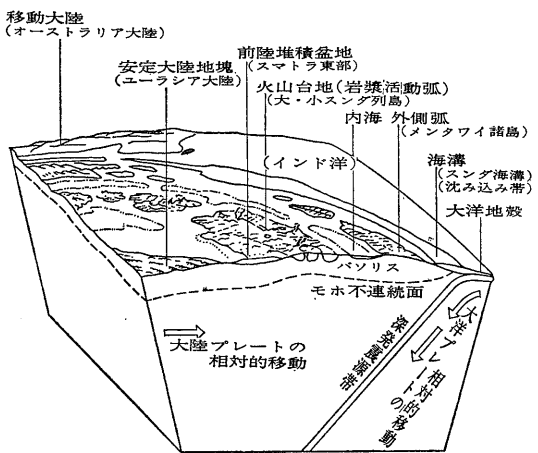
さて ハミルトン等がインドネシア付近の地質構造をプレート・テクトニクスの観点からどのように捉えていたかに話をもちよすことにしよう。

ハミルトンは次のように言っている。

“地球物理的資料から インド洋・オーストラリアプレートは 新生代中に ユーラシアプレートに対し 約3,000 キロメートル北方に移動し 太平洋プレートは西に同距離移動した。 インドネシア・セレベス・ニューギニア地域は このような巨大なプレートが移動 接触し 南ではほぼ緯度方向 北では経度方向に近い沈み込み帯により和解されたところである。 これに伴う渦巻運動が 過去から現在にわたりこの地域の複雑な構造形態を形成してきた。 東南アジアとスダラントは大小多数の地塊の集合したものであり インドネシア東部の構造問題はより小さなプレートの相互作用を仮定することにより理解される。 インドネシア西部の見事な帯状構造は 過去から現在にわたって 沈み込み帯内側において 大陸殻が物質の付加により増大した結果である”。

この大陸殻が物質の付加により増大拡大するという点に関連して 大陸成長説 (Continental accretion theory) というのが古くからある。 これは 大陸地域 (大陸地殻) の面積が地質時代を通じて増大してきたという説である。 H. STILLE (1924) は 大陸は大洋を消費しながら成長すると言い V. v. BELOUSSOV は 古生代以後 造山帯内部には1~2の造山運動によるシアル質岩石が存在することから 地向斜地域が造山運動のたびに中心部から安定してきたと考えた。

ハミルトン等からももう少し具体的な話を聞くことにしよう。



第17図 インドネシア島弧のプレート・テクトニクスのモデル (J. A. KATILI 1971) 括弧内は筆者加筆

スマトラ ジャワ (第16 17 18 20図) :大陸プレートに海洋プレートが沈み込む場合に 海溝から大陸側に向って 沈み込み帯(海溝) 岩漿活動帯 前陸盆地が存在するが スマトラ・ジャワに沿ってこれに相当する構造帯が存在する。

先始新世の複合岩体(粗粒藍閃石片岩 緑色片岩 榴輝岩 千枚岩 玄武岩 斑れい岩 かんらん岩 蛇紋岩 白亜紀または第三紀初期のマールと石灰岩 時代未詳の粘板岩 頁岩 グレイワッケ 赤色ラジオリアンチャート 泥岩などが圧砕され 不規則に含まれる)が ジャワ西部と中央部の南に知られている。これは後期白亜紀ないし第三紀初期の沈み込み帯にあたり スマトラ-中央ジャワ-南東ボルネオに続くものであろう。これに対し ほぼこの時代に活動した酸性貫入岩-火山岩帯はスマトラ西部に分布するが ジャワには続かず 南東ボルネオに分布している。

ジャワ南の海底に隆起帯があって これは北西に延び海上に浮かび上がってスマトラ南西に沿って小列島(メタワイ諸島)となる。この小列島の基盤は砕屑岩(ほとんど化石がないが 局部的に第三紀前期-漸新世?一の砂質岩のなかに Foraminifera の化石を含む) 低変成度の変成岩および塩基性・超塩基性岩からなり 著しく変形され 大洋側に向って衝上している。これは前期第三紀の沈み込み帯にあたるものであろう。これに対をなすような岩漿活動帯の存在は明確でないが ほと

んど砕屑岩 石灰質岩 凝灰質岩からなる浅海性の下部第三系(中上部始新統および漸新統)が ジャワ西部 東部南半の小地域に知られている。これが岩漿活動帯に相当するのであろう。カティリ(1971)によれば 第三紀の強い運動(主要構造運動時期は中新世中期)が スマトラ西方諸島 バンダ外側弧 南西スマトラあるいは南ジャワ ホスンダ列島 セレベス西側弧に行なわれた(第14図参照)。

ジャワの大半に 現在の構造系に関係している後期新生界が露出している。すなわち 中新統およびそれより若い地層を挟み 花崗岩質岩に貫かれる火山岩(現在の火山と同様な成分)があり その上に カルクアルカリ岩からなる活火山帯があり カリと珪酸の割合が北に行くほど増加している。この火成岩活動帯はこれに対をなす沈み込み帯とみられるジャワ海溝(ジャワ沿岸の南方200~250キロメートル)から北に傾斜する深発震源帯の上部のものである。

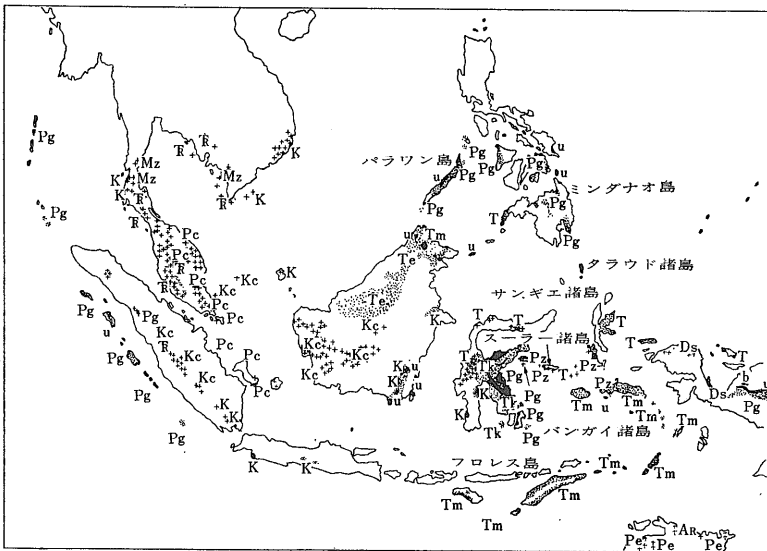
カティリは "スマトラ島外側には豊富な第四紀の熔結凝灰岩があるが 現在の火山活動は弱く 内陸側に深発地震帯がない。一方 ジャワには強い火山活動があり 後背地に向って 安山岩のカリ含有量が増加し 北側に深発地震帯がある。スマトラ-ジャワ弧が クラカトア火山を境にしてその北西と南において このように地質学的 地球物理学的に異なっているのは スマ

トラ海溝に沈み込むプレートはジャワ海溝に沈み込むプレートと異なった発展の時期にある"と解釈している。

また DEWEY & HORSFIELD (1970) は "インドネシア花彩列島の西部において 現在および過去の岩漿活動帯が不規則な分布をしているが これは 現在 第三紀および中生代に深発震源帯の傾斜が異っていたためであろう"と考えている。

北部ジャワの前陸盆地では 中新世の堆積物は浅水性 大陸性のもので北(大陸側)に向かって薄くなり 衝上断層と逆転した褶曲構造を示し 変成されている。

下部中新統の砕屑物は北の結晶片岩地域から大部分が供給され 上部中新統を主として構成している 火山性砕屑物は南から供給された



第18図 インドネシア付近のメランジュ オフィオライトおよび花崗岩類分布図(ハミルトンによる構造試案図より)

Tm : 中新世中期-漸新世  
Pg : 前期第三紀(中新世-白亜紀初期を含む)  
T : 第三紀  
Tk : 始新世-白亜紀後期  
Te : 始新世  
K : 白亜紀  
Kc : 白亜紀前期-石炭紀(東ボルネオはデボン紀を含む)

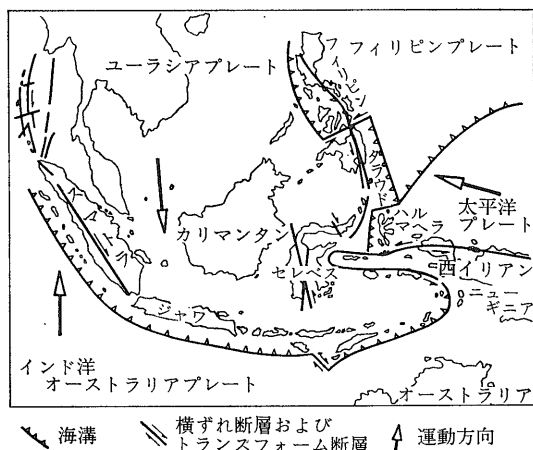
R : 二疊紀  
Pz : 古生代  
Mz : 中生代  
Fr : 三疊紀-石炭紀  
Pc : 二疊紀-石炭紀  
Ds : デボン紀-シルリア紀  
Pe : 先カンブリア紀前期  
Ar : 太古代  
b : 玄武岩  
u : 超塩基性岩

※ : メランジュ(ジャワのものま後期白亜紀)  
— : オフィオライト  
\* : 花崗岩類(中部スマトラのものは約100my)

ものである。この下限は北に向って次第に若くなるがこれは南の褶曲運動の進展とともに堆積の場は北の大陸側に移動したためであろう。

以上のことから ハミルトンは次のように言っている。

1. 沈み込み帯は 後期白亜紀または第三紀初期→古第三紀の漸新世(?)→現世と南に向かって新しく位置を変えていった。
2. 沈み込み帯は スマトラと西部ジャワでは各時代とも平行であるが 後期白亜紀のものはボルネオ南東部へ屈曲しており 第三紀前中期のものはセレベスに向かって屈曲していたかも知れない。後期白亜紀から現在にいたる沈み込み帯は次第に複雑化し 断片化していった。
3. 沈み込む大洋プレート表層部の堆積物および地殻物質がこすり取られて 大陸周縁に付加されていったことを示しており 平均  $2\text{km}/10^6\text{yr}$  ずつ付加されてゆき 大洋プレートの沈み込みの速さは  $50\text{km}/10^6\text{yr}$  と推定される。



第19図 東南アジアにおけるプレート境界 (J. A. KATLI 1971)

カティリ (1971) は ハミルトンの考えに従いプレートの境界図 (第19図) や UMGROVE (1945, 1949) によって組み立てられた2重島弧のモデルを描いた(第17図)。また 沈み込み帯の過去の位置 カルクアルカリ岩漿活動弧および前陸堆積盆地から構成された西インドネシアの構造概略図を示したが 1973年にはこの図に資料を加えた図を示し(第16図) マライ半島および西部カリマンタンの二疊紀の火山岩 花崗岩 スンダ陸棚諸島の白亜紀の花崗岩に対応する沈み込み帯を想定し これがスマトラ・ジャワの沈み込み帯と互に相対していたであろうと述べている。

バンダ弧: ハミルトンはバンダ弧に関して簡単に次のように述べている。 "現在 バンダ海周辺にみられるごとく 海洋プレートが他の海洋プレートに沈み込む場合は 沈み込み帯の大陸側に島弧 (岩漿活動帯) があり 次に縁海があり 前陸盆地はない。 島弧の沈み込み帯は大陸縁のものに似ているが 非火山性砕屑物がより少ない。 火山弧の火山岩成分は大陸縁のものに似たカルクアルカリ岩からなるが 全体としてより有色鉱物に富み アルミナに富む玄武岩 安山岩 デイサイトからなる"。 カティリによれば バンダ海周辺はスマトラ ジャワ 中央ボルネオ地域とともに中生代後期に褶曲作用を受けた。

セレベス (第18図): セレベスは東西2つの弧からなり 西弧は火山岩類 花崗岩類 変成岩から構成されており 東弧は沈み込み帯を特徴づける岩層からなる。

東弧はさらに東西2つの沈み込み帯複合帯からなる。西側のものは藍閃石片岩 海洋性未変成の中生層 塩基性・超塩基性岩からなり 著しく破碎され角礫化したメラランジュで東に傾斜している。これは中生代(ジュラ紀?)に東に傾いた沈み込み帯があったことを示しており セレベスの東の現在の深海にあたる場所にその当時の火山帯や花崗岩活動帯があったのであろう。東側のものは主として東弧の北半に露出している。北西側に後期ジュラ紀および前期白亜紀の深海性または大洋性のメラランジュとかんらん岩 蛇紋岩 斑れい岩 玄武岩があり その南東に始新世~初期中新世の深海性または大洋性のメラランジュがある。いずれも北西に傾斜する。これは白亜紀~前期中新世に 沈み込み帯がセレベス東縁から西方に傾斜していたことを示しており 島はこの期間 ここで大洋物質の供給を受けて東方に広がったのであろう。西弧の火山活動や始新統を貫く花崗岩の活動は この時の深発震源帯の上で行なわれたと考えられる。

この帯の南東にメラランジュより後に堆積が行なわれた堆積盆地がある。前期中新世後に 沈み込み帯は バンガイ諸島の外側に進み そこに新しい沈み込み帯があったが 現在は海底に隠されているのであろう。

西弧には その北東端に活火山があり サンギエ島弧としてミンダナオに続く。この岩漿活動帯に対をなす沈み込み帯は鮮新世まで東弧に沿ってあったが 現在では沈み込み帯は北部に限られ 火山帯の下に西に傾いている (第20図参照)。

以上のようなハミルトンの考察では プレートや沈み込み帯はかなり細分されたものとなっている。

カティリ (1971) は Isacks 等 (1968) の見解を取り入れて次のように述べている。 “インドネシア島弧はインド・オーストラリア 太平洋 ユーラシアの3つのプレートの相互作用の行なわれるところとみなされる。これらのプレートの境界は スマトラの西の海溝と横ずれ断層 ジャワ南の海溝 ニューギニア北部の横ずれ断層およびフィリピンの東の海溝と横ずれ断層である (第19図)。スマトラからフィリピンにわたる大構造はユーラシアプレートの南南東方への移動と符号し スマトラ・ジャワ海溝はインド・オーストラリアプレートの北方への移動と調和している。複雑な過褶曲構造とチモールの高く隆起した珊瑚礁は オーストラリアの北方への移動に関係しているといえる。

スマトラ・ジャワ弧 フィリピン・タラウド・ハルマヘラ地域 中央・南セレベス地域およびニューギニア・東セレベス地域において 大きな横ずれ断層が大きな傾斜ずれ断層へ移行すると考えられるが このことは南北東西両方向に地域的圧力が働いているという仮定とよく調和している”。

Isacks等 は セレベスとハルマヘラの特異な形態と環状のバンダ島弧は オーストラリア大陸の北方移動と太平洋プレートの西方への衝上運動の組み合わせられた結果であると言っている。これに関連して ハミルトンは次のように述べている。 “新生代後期のオーストラリア・ニューギニアの構造運動は オーストラリア・ニューギニア大陸下に南に向かって沈み込むカロリン大洋プレートと横ずれ断層によって示されている。このよう

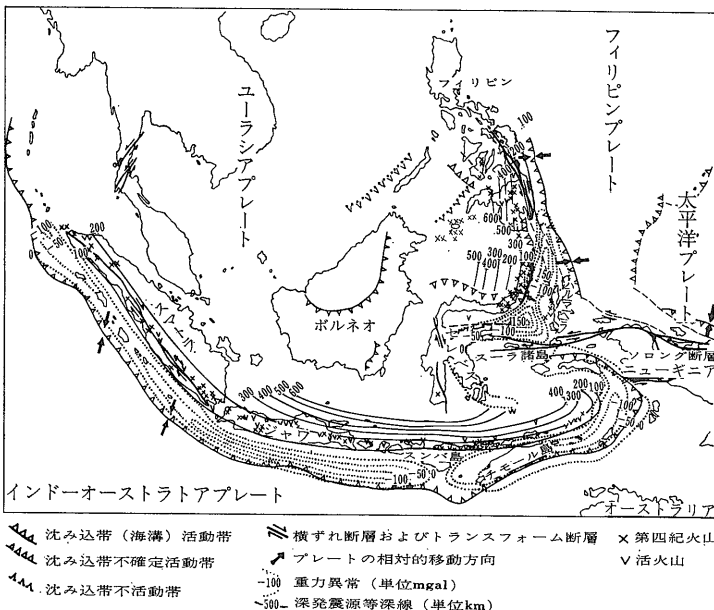
な断層は北西ニューギニアからスーラ諸島を引き離し 大小大陸片であるバンガイ諸島をセレベス近くの沈み込み帯に掃き寄せた(第20 21図参照)。 外側バンダ弧はニューギニア・オーストラリア大陸棚の浅海性堆積物のメランジュからなり 現在は島弧の下に消えつつある”。

さて インドネシア付近の地質やプレート・テクトニクスからの見方のあらましを紹介するのに本稿の大半を費やして終ったが これから インドネシア付近の地質構造試案図の概要を紹介することにする。

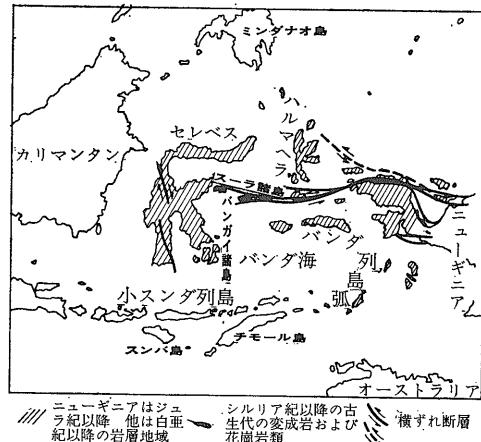
(3) インドネシア地域地質構造試案図 (第18 20 22図 写真1)

この地質構造試案図は アメリカ国際開発庁 (The United States Agency for International Development) に代り ハミルトンがインドネシア政府とエカフェのために編集したもので 前回にも述べたようにアジア極東地域地質構造図編集のための討議資料として提供された (第18 20 22図 写真1 表(1)~(5))。

この構造図はプレート・テクトニクスの観点から地質構造を表現しようとしたもので プレート・テクトニクスを支持する地学者が沈み込み帯を特徴づけると考えている岩層と それに対をなす火山岩や花崗岩帯の分布を示している。沈み込み帯から前陸盆地にわたりいろいろと環境の異なる堆積の場が想定されるが 現在 露出している地層がどのような場に堆積したかを図示している。また プレートの境界を示すと考えている沈み込み帯 (現在の海溝など) や走向移動断層とこれらの移動方向を表示している。沈み込みの傾斜を示すと考えている深発震源帯の等深線を示して 地質現象との関係やプレートとの相互関係を読みとろうとし



第20図 インドネシア付近のプレート境界 重力負の異常帯 深発震源帯 火山分布図 (主としてハミルトンのインドネシア地質構造試案図より)



第21図 スーラ諸島付近地質概略図

ている。この地質構造図についてももう少し具体的に説明しよう。

この地質構造図は1枚の構造基本図(写真1)とそれに重ねてみる2枚の透明板にそれぞれ赤 青で印刷されたものからなっている。

構造基本図の凡例は

1. 時代層序区分と記号
2. 海洋底地殻とマントルの岩石および沈み込み帯特徴岩 (Subduction-zone features)
3. プレート境界構造
4. 赤色で画かれた透明板のための火成岩
5. 青色で画かれた透明板のための堆積環境



写真1 インドネシア地域地質構造試案図—基本図

の5項目に分かれている。

凡例1(表1)は色と文字記号で示されている。

凡例2(表2)はさらに2つに区分され 色と文字記号で示されている。その1つは 桃色で示され “海洋底地殻と上部マントル源の岩石(メランジュ中に産しおそらく海洋底から上昇したもの)”と記されており オフィオライト 玄武岩 斑れい岩 超塩基性岩に区別されている。他の1つは 紫で沈み込み帯のメランジュとして示されている。これは ほとんど深海性の堆積岩 変成岩(青色片岩・緑色片岩・角閃岩)およびオフィオライトが構造的に擾乱混合したものとして記され 図上の分布地域(第18図)には沈み込みの推定時代が示されている。

凡例3(表3)には プレート境界構造が示され 移動方向を示した沈み込み帯(Surface traces of Subduction zone)が活動帯 不確定活動帯 不活動帯に分けられている。また 走向移動断層(Strike-slip fault)は

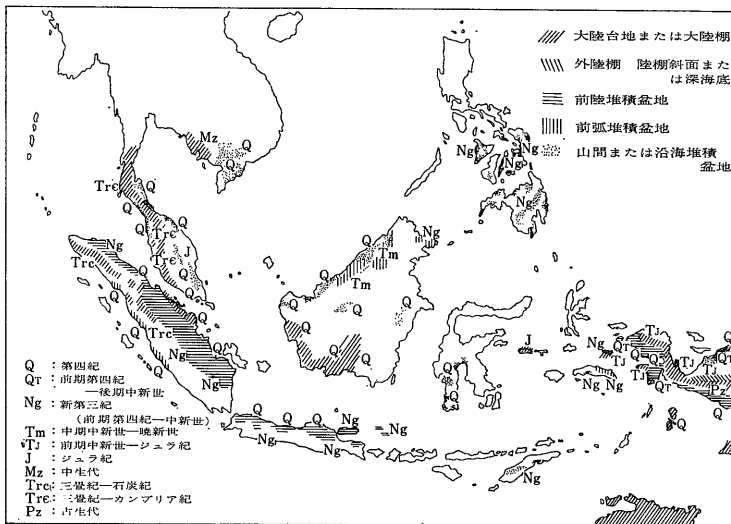
活動的または不活発 不確定に分けられ 移動方向が示されている。図上では(第20図)沈み込み帯は海溝部に示され この移動方向は地震の初動方向から推定されたものである。

凡例4(表4)は赤色で描かれた透明板のためのもので 深発震源帯上方の火山岩および岩石と深発震源帯に無関係な大陸性玄武岩とに大別され 前者は活火山 第四紀火山 酸性 中性 塩基性 アルカリ火山岩 カルクアルカリ火山岩を挟む堆積岩 花崗岩類 変成岩(沈み込み帯のものを除く) 花崗岩と変成岩(未区分)に区分され 後者はソレイアイト玄武岩とアルカリ玄武岩に区分されている。

赤色で描かれた透明板には 火成岩が地紋だけによって区分されており 基本図に重ねると色と文字記号で時代が示されることになる。

凡例5(表5)は青色で描かれた透明板のためのもので 堆積物の生成環境とプレート境界の特徴とに分けられている。前者は大陸または大陸棚 外陸棚(Outer shelf)・陸棚斜面または深海底 前陸堆積盆地(Foreland basin) 前弧堆積盆地(Arc-front basin) 山間または沿海堆積盆地(Intermontane or coastal basin)および未区分に区分されている。後者は深発震源帯の等深線 プレーートの現在の相対的収斂方向および走向移動断層の相対的移動方向に分けられている。

青色で描かれた透明板には 堆積環境の分布が地紋で示され 基本図に重ねると色と記号によって堆積岩の時代が示されることになる。プレートの境界の特徴は矢標や線で示



第22図 堆積岩の堆積環境



表1 時代層序区分と記号

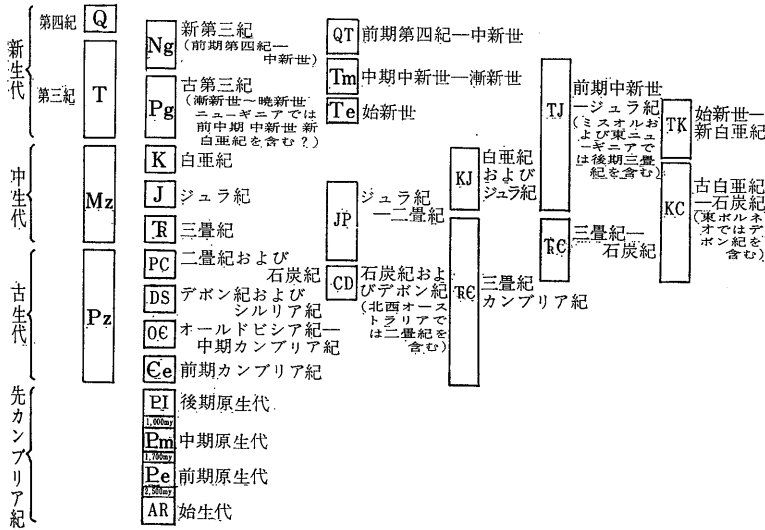


表2 海洋底地殻とマントルの岩石および沈み込み帯特徴

海洋底地殻と上部マントル層の岩石	沈み込み帯メランジュ
玄武岩	堆積岩 (ほとんど深海性)
斑れい岩	変成岩
超塩基性岩	緑色片岩 (角閃岩相)
	およびオフィオライトが構造的に攪乱混合された岩体

表3 プレート境界構造

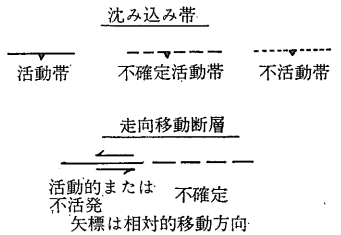


表4 深発震源帯上の火山岩および岩石

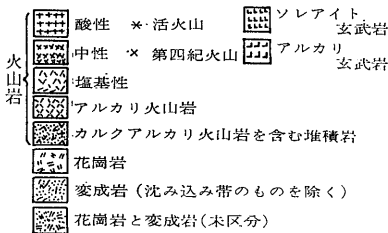
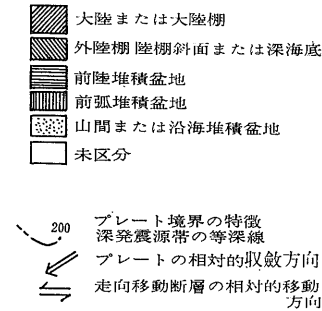


表5 堆積環境



帯の考えとは違って プレート・テクトニクスの考えに立った講演がなされた。

K. F. G. HOSKING は「マライ半島の生成時代の異なる錫鉱床帯は C. S. HUTCHISON (1972) がプレート・テクトニクスから行なった一般の地質構造発展の解釈とよく調和しており 古典的な地向斜内で生成されたものではなく 沈み込み帯に平行な変動帯に生成された」と述べた。また A. H. G. MITCHEL & M. S. GARSON は「極東地域の島弧の内側において 島弧にほぼ平行な花崗岩帯に錫・タングステン・螢石鉱床がある。鉱床 花崗岩帯および現在の縁海堆積盆地が密接に関係していることは 古深発震源帯 (paleo-Benioff zone) と閉鎖性縁海堆積盆地との成因関係を示している。錫・タングステン鉱化作用はフッ素 (F) と密接な関係があることを暗示しており フッ素は深発震源帯にそって沈み込む地殻に関連して発生し その量は沈み込み帯から花崗岩帯までの距離に関係しているかもしれない」と述べた。

しかし これらの講演内容は 現時点で プレート・テクトニクスと直接結びつけなければならない必然性はなかったようである。したがって ここでは 一応プレート・テクトニクスから離れてマレーシアの錫鉱床を紹介してみたい。

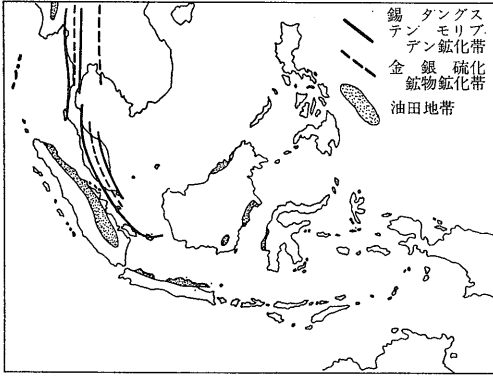
(4) マレーシアの錫鉱床

マライ半島からの錫の産額は世界の約3分の1を占めている。この錫鉱床地帯はビルマの首都ラングーンの北方タウングー付近からマライ半島に沿って南に下り

され 基本図に重ねることによって地質との位置関係が示されることになる (第22図)。

残念ながら紙面の都合で この地質構造試案図の詳細な部分まで示すことができないが これまでの説明や部分図により凡そのことを理解していただきたい。

さて 昨年クアラルンプールで行なわれた東南アジアに関する地域地質学会では 錫鉱床の生成も従来の造山



第23図 東南アジアの錫硫化物帯と油田地帯

リング諸島 パンカ島 ビリトン島へと約3,000キロメートルの長さにわたっている。 W. E. BUSH (1972) によると 第23図に示すごとく 大体2帯をなしており この帯は おそらくカンブリア紀に始まり デボン紀から三疊紀-ジュラ紀にわたってもっとも顕著であり おそらく白亜紀に終わった地向斜であったということである。この錫硫化物帯は地質上どのようなところに存在してありどのような鉱床であるかという概略を この錫硫化物帯の主要部をなすマレーシアの錫硫化物帯について紹介してみたい。

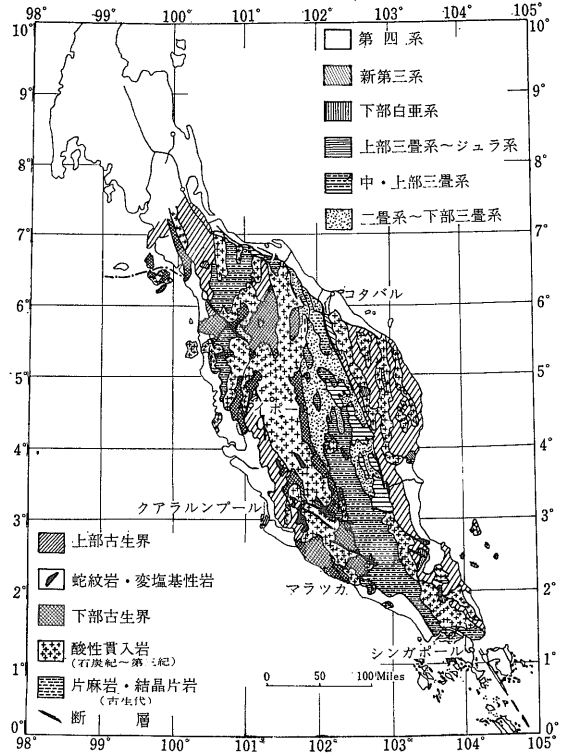
マライ半島の地質 (第24図)

マライ半島には カンブリア系から第四系までであるがカンブリア系はマレーシア北西部にかぎられ マライ半島に露出している地層は 主としてデボン系から三疊系であり 三疊系およびそれ以前の地層は海成で ジュラ紀以降の地層は非海成である。

大きな堆積間隙は第三系とその下部層との間にあるが主な地域的な間隙は 下部デボン系 上部石炭系 下部三疊系にある。 西部地域にはデボン系とシルリア系の間一種の不整合があり 上部デボン系と下部デボン系との間に著しい不整合があるが デボン系と石炭系との間に不整合はない。

地質構造的には マライ半島はスダ陸棚の一部を形成しており この地域を含む褶曲系は 一般走向北ないし北北西で 東部ビルマタイ-西マレーシア-パンカ・ビリトン島と南方に続き さらにボルネオへと東に向きを変える。

マライ半島頭部のほぼ中央付近 コタバルからシンガポールまで 二疊系~下部三疊系 (火山岩類を含む) 中上部三疊系 (火山岩類を含む) および上部三疊系~ジュラ系が弧状に分布しており (写真2) この北半部西寄りには結晶片岩が分布している。 この東側には火山



第24図 マライ半島地質概略図

岩類を含む上部古生層 (デボン系上部~二疊系) が主部を占め 非海成の下部白亜系が狭い地域に不整合に乗っている。 西側に下部古生層 (火山岩を含むカンブリア系~デボン系下部?) 上部古生層および中上部三疊系が中央帯に平行して広く分布している。 したがって中央部に向斜が この両側に平行して背斜が推定されており 主として この両背斜部に沿って 花崗岩類 (絶対年代では石炭紀後期や三疊紀を示すものがある) が貫

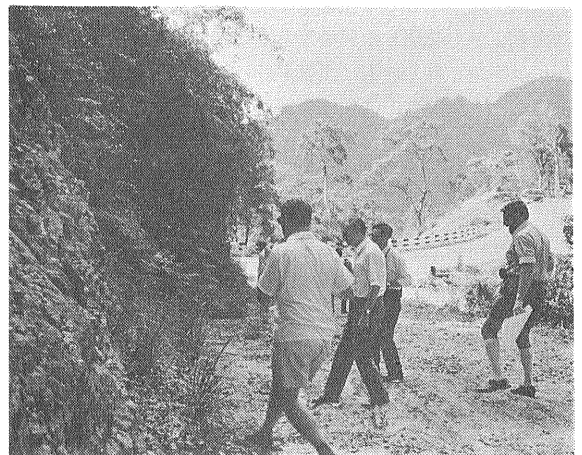


写真2 道路切割にわずかに露出する三疊紀火山砕屑岩 道路を一步はずれるとうっそうとしたジャングル 蛇の抵抗におそろおそる

入している。中央帯と西側帯の下部古生層との境界付近に沿って蛇紋岩などが分布している。

結晶片岩は主として雲母石榴石片岩 石英雲母石榴石片岩で 角閃片岩が縞状をなす部分もある。また 十字石 藍晶石 珪線石などが含まれることもある。花崗岩の近くにはミグマタイトや混生岩もある。結晶片岩の絶対年代は三疊紀中前期で 變成岩原岩の堆積時期はおそらく古生代～三疊紀前期であろう。花崗岩体周辺の狭いホルンフェルス帯に 紅柱石や空晶石がみられる。このような骨組みをもったマライ半島の地史を概観すると次のようになる。

デボン紀前期 (370m.y. 前 m.y. は 100 万年) まで海底にあったマライ半島地域は デボン紀前期末の地殻変動により一部 陸地化し その南北に伸びた陸地により東西両側の海にわかれ そこに堆積が行なわれた。それ以降 デボン紀前期まで火山活動のあった西側には火山活動は行なわれなくなり 東側にはしばしば火山活動があった。

石炭紀後期 (300m.y. 前) から二疊紀前期 (260m.y. 前) にかけて 地殻変動が起こり 陸化する部分が多くなり花崗岩類が貫入した。二疊紀後期から三疊紀前期 (210 m.y. 前) にかけて 造山運動は最高潮に達し 三疊紀前期には花崗岩が貫入した。しかし結晶片岩の生成時期は明らかでない。三疊紀中後期には 中央帯にフリッシュ型の堆積が行なわれ 火山活動が広い地域にわたり盛んで 三疊紀後期に花崗岩の貫入があって造山運動は終り 現在の一般走向をとった。

ジュラ紀 (195m.y. 前) に入ってから現在まで ほとんど陸地となり 中生代後期は暖かく乾燥期が長く続いた気候であったらしく 第三紀後期 (30m.y. ~10m.y. 前) は現在よりも乾燥した気候であったようである。第四紀には陸地上昇とともに浸蝕が続けられ 錫鉱床近くの河底には 火成鉱床の鉱体の風化したものから水に洗い出された錫石が砂泥に混じって堆積した。岩石は化学的風化を著しく受け アルミと鉄に富む土壌となり ポークサイトやラテライトが生じた。このような地史を経て現在のマライ半島の地質が形成されたわけである。

現在 採掘されている錫鉱床の大部分は河床に積った 2 次的のものであるが この源をなす火成鉱床がどのようなものであったかを調べてみよう。

#### 錫 鉱 床

マライ半島の花崗岩類の絶対年代は Rb/Sr 法で測定

した結果では石炭紀後期 (285~300m.y. K/Ar 法では 215m.y.) 三疊紀前期 (230±6m.y. K/Ar 法では 175~200m.y.) 三疊紀後期 (199±2m.y. K/Ar 法では 120~145m.y.) および第三紀 (75±7m.y. K/Ar 法では 48~85m.y.) である。東帯の花崗岩類は主として石炭紀後期で 西帯のものは主として三疊紀のようである。白亜紀後期～第三紀前期の花崗岩類は 後造山期のストック状のもので マラッカとジョホール付近にかぎって露出しているということである。

このように マライ半島には貫入時期の異なった花崗岩類があるように 異なった時期に生成されたと考えられている錫鉱床やタングステン鉱産地が 花崗岩体の縁辺部に見出されている。主要錫鉱床は 東西 2 帯の鉱床帯のうち西部にあり 半島東部のコタバルからジョホールにわたって存在している錫鉱床の規模は小さい。この中間帯に 金 銅 鉛などの鉱床がある。

石炭紀後期から二疊紀の造山期に花崗岩類に関連して生成されたものとしては 東帯では 鉄に富んだスカルンに伴う錫鉱床 鉄脈鉱床 塊状の錫・硫化鉄を含む浅所高温型鉱床などがある。西帯の沿岸近くの錫・ニオブウム・タンタリウム・ペグマタイト鉱床も同時代に生成されたものらしい。

二疊紀後半から三疊紀前半にかけて最高潮に達した造山期に貫入し 現在 西帯に広く分布している花崗岩類に関連して主要錫鉱床が生成された。純粋な石灰岩以外の岩石を母岩として 塊状鉄や鉄脈がみられるが とくに錫に富む層状スカルンが不純な石灰岩に発達しており この次に鉱化されたペグマタイトやアプライトが部分的に生じたい。

白亜紀後期～第三紀前期に生成された鉱床としては 西側の純粋な石灰岩中の脈状 パイプ状スカルンおよび浅所高温型鉱床があり 後期のタングステン 金 アンチモニー 水銀 銅 鉛などの鉱化作用もこの時期とも考えられている。

稼行されてきた大きな錫鉱床 (主として漂砂鉱床) は主として西帯の花崗岩体の西側にあり 背斜軸の推定される付近 とくに下部古生層 (主としてカンブリア系～シルリア系) の分布する付近に大きな錫鉱床がある。しかし 高温多湿で化学的風化作用の激しいこの地域では 岩石は土壌化し あるいは二次的堆積物が発達し 植物が繁茂し 新鮮な岩石は道路の切り割りや川底の転石などのほか ほとんど見られない。

過去数年間のマレーシアにおける錫の年産は 60,000 トン以上であったが この 90%以上が沖積層から採掘された。砂鉄 1 立方メートル中の錫石は 180 グラム以下

である。錫採掘の副産物として チタン鉄鉱 ゼノタイム ジルコン モナザイト 磁鉄鉱 銅などが採れる。生産量の50%はドレッジ(写真3 4) 35~40%はグラベルポンプ 3%は圧水噴射 4%は坑内堀 3%は露天掘によるといわれている。

マレーシアの錫主要産地は 半島西側の風化土壌の上に発展してきたイポーとクアラルンプール付近である。イポー周辺のキンターバレー地域は 二疊紀石灰岩が盆地東西両側の花崗岩に貫かれ 深熱水性鉱床から由来した風化残留 漂砂鉱床がカルスト凹地 段丘 沖積層中に存在しており マレーシアの主産地でマレーシア全体の約60%を産出する。

筆者の見学したのはクアラルンプール周辺の錫鉱床であった。

#### クアラルンプール周辺の錫鉱床

E. B. YEAP (1972) によると次のようなものである。

クアラルンプール地域には 石英雲母片岩 石墨片岩および大理石~石灰岩からなる下部古生層が分布しており これは砂岩と頁岩からなる石炭紀層に不整合におわれているようである。褶曲運動は結晶片岩や大理石を生じたデボン紀(?)と三疊紀(?)に2回あったようである。

花崗岩は三疊紀後期~ジュラ紀前期(185±5m.y.)にこれらの古生層を貫き 破砕帯や断層に沿って石英脈が生じた。次いで 割れ目に生じた錫に富む鉱脈や交代鉱床が結晶片岩 石灰岩 花崗岩内に生成された。2次の漂砂鉱床はこれが風化濃集されたものである。

早期の単純な鉱脈は 石英 錫石 鉄 マンガン重石

雲母 トパーズ 電気石などを含み この鉱脈は 硫砒鉄鉱 黄鉄鉱 閃亜鉛鉱 磁硫鉄鉱 黄銅鉱などを含むやや複雑な鉱脈や塊状鉱に移行する。石灰質型の鉱床は 鉱物構成は単純であるが きわめて錫石に富む。漂砂鉱床以外で採掘されているのは この型の塊状鉱床だけである。

見学した鉱山の1つであるスンゲイ・ベシ鉱山は次のようなものである。

#### スンゲイ・ベシ(Sungei Besi) 鉱山(写真5 6):

この鉱山はマレーシア セランゴール州クアラルンプールの南約15キロメートルのところにある。900年頃アラブ商人に稼行されたといわれている。近代ではおそらく19世紀初期に 支那人が小さい立坑と車道により採掘した形跡がある。スンゲイ・ベシ鉱山は 1909年に露天掘を行ない 1959~1967年の間に2・3の鉱山を買収合併した。

鉱山の西側に下部古生層の石灰岩(シルリア系?) 東翼に中生代花崗岩が露出している。接触境界はほぼ南北に走るが 南部地域では不規則になる。

現在の採鉱法は 主として輪転式掘削機によるもので 漂砂鉱はコンベアベルトにより選鉱場に送られ そこで月最高185,500トンの砂鉱を処理している。これとは別に鉱脈から採られた原鉱は鉱脈鉱石選鉱場で処理される。このほか 石灰岩ポケットの廃鉱や鉱物を含む風化花崗岩に水を吹き付けて崩壊させて採掘し 月32,600トンを産出している。この鉱山は1960年に1,000トン

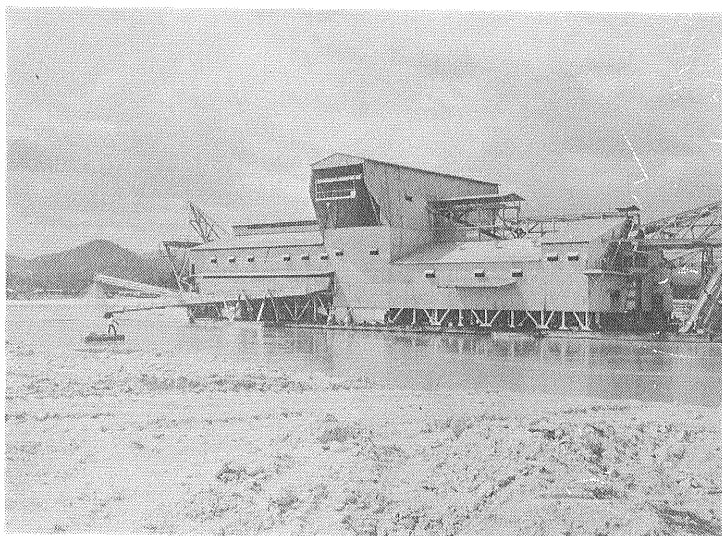


写真3 ジンシヤング カンボン・ラジュトNo.1のドレッジ現場



写真4 写真3の内部 コンベアベルトパケツ

あまり (74% Sn) 1967年に約2,000トン産出し 1972年現在は月産約180トンである。

### おわりに

今回の話は 裂けて離れ漂い行く大陸に始まり その間に広がる大洋 地球の裂け目または海嶺から拡大移動し海溝に沈み込んで行く海洋底 大陸を乗せて動くといわれるプレート プレートとプレートの衝突によって変動するという造山帯 いくつかのプレートの衝突する場であるともいわれるインドネシア付近の複雑な弧状列島群 この内側の大陸縁に位置するマライ半島に沿う錫鉱化帯へと進行してきたが その中のクアラランプール付

近の錫鉱床の見学で話を終ることにする。

この話の発端は アジア極東地質構造図編集のために一昨年クアラランプールで開かれたアジア極東エカフェ地質構造図諮問グループ会議に提出された“インドネシア地域地質構造試案図”にあったわけである。

地質構造図は 世界地質図委員会を中心として 世界各大陸地域で500万分の1の縮尺で編集されている。

エカフェ地域は 地質が多岐にわたっているばかりでなく発展途上国が多く 国際間の複雑な関係なども原因してエカフェ地域の地質構造図の作成作業は 他の大陸に比べてももっとも遅れている。エカフェ地域地質構造図は 概念的なものをさけ できるだけ客観的資料に基づいたものであり 地下資源の探査開発に寄与できるものでありたいというのが 編集参加国一般の基本的態度のようである(本誌135号 219号参照)。前回の会議では 標準凡例の最終案が1972年末まで各国機関に示されることになっていたが予定より作業が遅れている。1973年10月初めにクアラランプールで 第2回目の“アジア極東エカフェ地質構造図諮問グループ会議”が開かれたが ここで構造図凡例が設定され 地質構造図編集作業が急速に進展されるものと期待されている。

(筆者は 地質部)



写真5 スンゲイ・ベシ鉱山の露天掘現場 沖積世漂砂(錫石を含む)が風化のためこれとほとんど区別できないほど粘土化した花崗岩体の上に堆積している

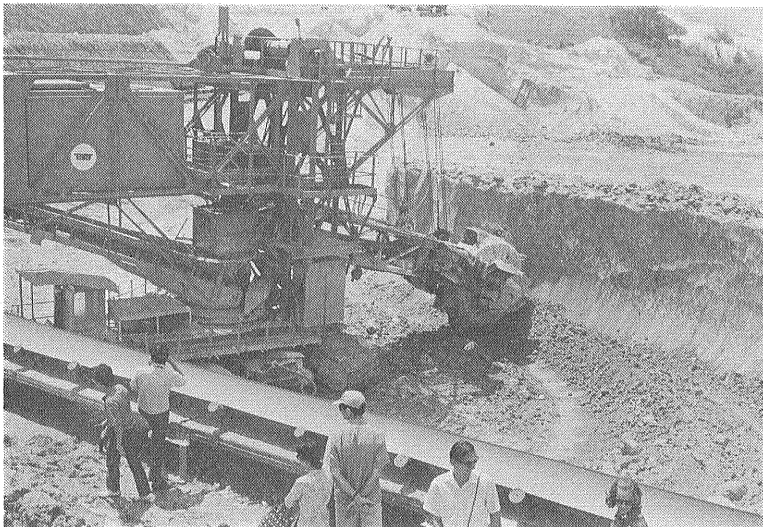


写真6 スンゲイ・ベシ鉱山の輪転式掘さく機