



杉尾憲一郎

ブラジルの地質①

KENITIRO SUGUIO (杉尾憲一郎)

筆者略歴

1937年(昭和12年)にブラジルのサンパウロ州で生まれた日系3世で 1962年にサンパウロ州立総合大学を卒業し 1965年から母校で助教授を勤めておりその間に理学博士の学位を取得したブラジル地質学界における新進気鋭の研究者である。現在所属している研究室は サンパウロ州立総合大学地球科学・天文学研究所古生物学・層位学研究室(Instituto de Geociências e Astronomia da Universidade de São Paulo)である。この論文は日本語で投稿されたものである。

まえがき

この論文の内容はやや記述的であり おもに São Paulo 州立総合大学工学部地質学教授 F. F. M. DE ALMEIDA 博士が 1964年に書いた論文をもとにして書かれ 引用した文献は各章の末尾に参考文献集としてとりまとめた。

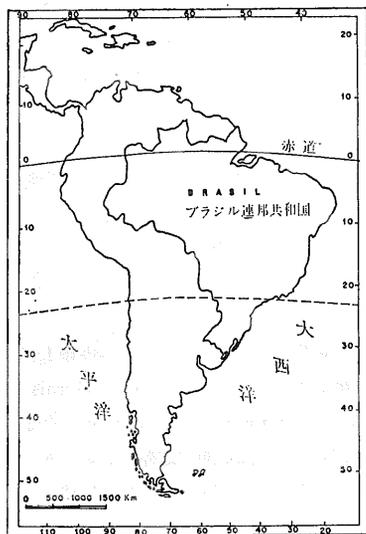
近年になり日本から地質調査団もしばしば来伯するようになり ブラジル政府も地下資源の探査開発の重要性をますます認識するようになってきた。1971年には沿海における石油資源賦存の可能性を認めたブラジル政府はその領海を沿岸から200海里まで拡大した。今日のブラジルは産業開発のため国内技術者の活躍のみならず外国からの技術協力も大いに受け入れている。このような状況のもとで日本からの技術協力を求めることについて 言語(ポルトガル語)が問題の一つとして考えられる。

私は 1969年にサンパウロ州の奨学金により1カ年間日本で研究に従事することが認められ 1970年の前半6か月間は東京大学海洋研究所長奈須紀幸博士 後半6か月間は地質調査所燃料部石炭課長徳永重元博士のもとで堆積岩に関する研究を行ない その間日本の多くの地質学者と親しく接することができたのはたいへん幸福であった。本文は地質調査所海外地質調査協力室河野迪也博士のすすめにより 帰国後早速筆をとったものでこの論文によりブラジルの地質の概要が明らかになり今後の技術交流のための一助になれば幸である。

(紙面の都合で3回にかけて掲載の予定)

1 ブラジル地質学界発展の歴史

18世紀は金や宝石をもとめてバンデイランテス(Bandeirantes)と称されたポルトガルの探検家たちがブラジルの奥地へ奥地へと滲透して行った時代であったがこの時代の地質についての知識は何一つ残されたものがない。今世紀になってから科学の一分野として認められるようになった地質学にブラジルでは19世紀に初めてその開拓者が出現した。この人達はブラジル独立運動の尊敬すべき人物ジョゼー ボニファッショ デ アンドラーダ エ シルバ(JOSÉ BONIFÁCIO DE ANDRADA E SILVA)とその弟マルチン フランシスコ リベイロ デ アンドラーダ(MARTIN FRANCISCO RIBEIRO DE ANDRADA)であった。この兄弟は前世紀の初め頃に São Paulo 州(サンパウロ州)奥地の地質学的調査を行なった。もし最初の開拓当時の段階を記す必要があるならばこれこそはブラジル地質学の始まりでもありそれは1800年より1870年までの期間である。また外国人による博物学の大探検旅行時代でもあった。このような探検家達はヨーロッパ諸国の鉱山学者 博物学者 地理学者 植物学者 動物学者 冶金学者等であった。HARTTの *Geology and Physical Geography of Brazil* と称する1870年にボストン市で発行された著書はこの70年間に獲得することのできたブラジルの地質的知見を良く取りまとめている。HARTTのほかはこの頃ブラジルの地質学の先駆者達の中で ORVILLE DERBY とか JOHN CASPER BRANNER なども決して忘れることのできない人物である。1876年には Minas Gerais 州のオウロ プレット市(Ouro Preto)に鉱山大学がフランス人の HENRI GORCEIX によって創設された。やがてこの大学出身者の中から外国人の地質学者と肩を並べて活躍するブラジル人が出現した。São Paulo 州の Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo (現在の Instituto Geográfico e Geológico サンパウロ州農務局地理地質研究所)は 1886年に創設された。まず最初の所長に DERBY が任命され彼の周囲では GONZAGA DE CAMPOS JOVIANO PACHECO や EUGEN



第1図
南米におけるブラ
ジルの位置と各州
および淮州境界線

HUSSAK などの活躍が見られた。それから6年後にはブラジル石炭研究委員会が設立されこの運営の任務に当たったのがアメリカ人の地質学者 ISRAEL CHARLES WHITE であった。この委員会の最後の報告書は1906年に出版されたがこれは今日までブラジル南部の地質についての基礎的著書とされている。1907年には **Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil** (ブラジル地質鉱物調査所) を創立することによって連邦政府も1877年に止めていた国土の計画的な調査をふたたび開始するに至った。LEINZ によるとこれで委員会時代の終わりになった。当時は収穫の多い時代であった。ブラジルの地質の基礎的な形態がこの時代の外国人学者の研究によってうち立てられたのである。

地質に関する知識の進化の第3段階は **Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil** と切り離して考えることはできない。この段階は第2次世界大戦の初め頃まで続いた。JOHN CASPER BRANNER²⁾ の書いた地質学概論(**Geologia Elementar**) およびブラジル最初の地質図説明書(The Geological Society of America 1919年発行) **Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil** によるブラジル最初の地質図表 AVELINO INÁCIO DE OLIVEIRA および OTHON HENRY LEONARDOS の書いたブラジルの地質 (**Geologia do Brasil**) の第1版発行(1940年)などがこの時代の進展を物語っている。第2次世界大戦より今日に至るまでの期間はブラジルの地質研究に従事する人々や研究所などの増加によって特徴づけられている。地球物理探査法 地球化学探査法とか航空写真地質など

の新しい研究方法により地質調査の能率も益々向上するばかりである。この時代のおもな研究ではAmazonas盆地 Parnaíba 盆地 Recôncavo 盆地(Bahia州) およびMarajó 盆地 (Amazonas 河口) などの調査がある。このような調査には Conselho Nacional do Petróleo (国内石油審議会) 後には **PETROBRÁS S/A** (ブラジル国営石油会社) または **Departamento Nacional da Produção Mineral (D. N. P. M.)** (国内鉱産局) などがあっている。原子力委員会の人達もおもな堆積盆地で活躍している。1970年には **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (C. P. R. M.)** (鉱物資源開発公社) が創立され 地方支所により計画的調査を開始し また **Instituto Nacional de Atividades Espaciais (I. N. P. E.)** (国内宇宙活動研究所) も組織された。

C.P.R.M.はブラジル石油開発に当たっているPETROBRÁSと同様に政府ベースの公団式会社で 国内金属および非金属資源の開発を行なうために設立されたものである。Comissão Nacional de Atividades Espaciais 現在の Instituto Nacional de Atividades Espaciais は ブラジル国土の調査を遠隔観測 (Remote Sensing) によって行なう計画もたてており 試験的にすでに Minas Gerais 州の「鉄の四辺形」(Quadrilátero Ferrífero) の地方で赤外線による遠隔観測などを行なったと聞いている。サンパウロ市では多数の地質学者たちが サンパウロ州立

大学付属の各研究室で様々な研究に従事している。ブラジル地質学会(Sociedade Brasileira de Geologia)は1946年に設立され、その年はサンパウロに本部がおかれ、毎年異なった場所に本部を置いて学会の学術大会が行なわれ、1971年にはサンパウロ市で第25回大会が催されることになっている。その他の地質研究のおもなセンターは Rio Grande do Sul 州 Paraná 州 Minas Gerais 州 Guanabara 州などである。

1・1 南米大陸地質構造図中で占めるブラジルの位置 (ブラジルの高地結晶岩地域および堆積盆地)

地質構造的にみると、パタゴニア地方以外の南米大陸で、おもなる地質区分だけをあげて見ると、3大地域を認めることができる。東方には南米大陸の約半分の面積を占める Brasilia-Guiana クラトン地帯が見られ、この地域はほとんど先カンブリア時代の結晶質岩石で構成されている。この上には古生代から中生代の小構造運動のもとで生成された、広大なる堆積盆地が横たわっている。これらはシルル紀より構造的に安定した地域であり、造陸運動とか地区的変形作用あるいは重力断層などによって、地殻変動的の活動に対応してきた地域である。西部海岸は中生代地向斜帯で新生代の造山活動とともに姿を現わしたアンデス山脈が見られる。これは地形的にアンデス山脈にともなうもので、やはり新世代の造山運動によって形成された STEINMANN¹⁾ の Brasilandes がある。しかしこの構造をなすのはパリスカン、カレドニアンまたは先カンブリア時代のものである。この2つの構造地域の間には果てしない大平原が広がっている。アルゼンチン、パラグアイ、ボリビアに分布するパンパ(Pampa)やシャコ(Chaco)または Beni-Mamoré 河と Acre 准州の平野、それからコロンビア、ベネズエラの Llanos (平野) などである。この地域の基盤や所々に目立つ山岳地帯は重要な断層構造を物語っており、なおこの運動は地区的に続けられているようにみえる。

このような運動によってクラトン西部海岸には地盤沈下が起こり、造山帯の周縁盆地が形成されている。このような地盤沈下により、中新世の後期には、大西洋の海水がアルゼンチンのパンパ地区にまで侵入するに至った。この広範囲にわたる上記の各平野には、一部に厚い第四紀陸成堆積物の堆積がみられる。このような地質構造的環境の中で、ブラジル国土は大部分がクラトン地帯に分布しているが、また、ボリビアやパラグアイで見られる大沼沢地帯(Pantanal=Chaco)、西部 Amazonia およびクラトン周縁盆地などもこの一部を占めている。ブラジル国土でアンデス山脈造山運動の影響をうけている

のは Acre 准州(Território Federal do Acre)西縁部のみである。このような関係でブラジル全土の約3分の2の面積は先カンブリア時代、大部分が始生代の地層からなるものと想定されている。ブラジルの地史は広大ないくつかの堆積盆地の研究により読み取ることができ、これによると4つの段階が見出される。最初の段階は地質時代の根源より原生代の終わりまでである。この時代の特徴としては正地向斜堆積作用で、数回の造山活動をともない、同時にはげしい火成活動と鉱化作用による古い堆積物の長石化、一般的な変成岩化作用が行なわれた。現在までの知識ではこのような古い堆積盆地を見分けることは困難であるが、最近 Minas Gerais 州 Rio de Janeiro 州 Guanabara 州 São Paulo 州および Parana 州などで行なわれた詳細な調査によると、幾らか先カンブリア時代の大きな地質構造単元で、年代別に地層の区別をすることが可能である。第2段階は前期古生代を含み、この時代にブラジルの各堆積盆地に影響をおよぼした造山活動は多数でかなり古いことがわかり、多分カレドニアン造山活動のタクオニアン時代のものと見ることができる。まだ岩石の絶対年代は正確にわかっていないが、Lençóis 盆地、São Francisco 盆地、Corumbá 盆地および Itajaí 盆地の年代を前期古生代のもので仮定しておく。大部分が海成のこれら堆積物は堆積作用をともなった構造運動の証拠を指示している。岩層は浅深度変質作用を受け、断層や大構造振幅の褶曲などによって変形されている。しかし花崗岩化作用は受けておらず、所々に火成活動時代の証拠を見ることができる。

化石の豊富なこと、全然変質作用を受けていないこと、ほとんど変形されていないことなどから、ブラジルの第3段階の堆積物こそが石油と石炭の探求上、経済的可能性の一番大きい地層として見られてきた。この時代の堆積物はシルル紀から二疊紀にわたり、3つの広い面積のイントラクラトニック(Intracratonic)堆積盆地に分布している。こうした盆地を満たす岩層は周縁の結晶質基盤岩地帯が原産地である。このような堆積盆地は古生代の終わり頃にはすでにのおの独立していた。ブラジルの中生代の堆積作用は、上記の各盆地に限定されず、クラトン上にまで広範囲に分布し、薄い岩屑層でこれをおおった。また、古生代の末に国の内部への海進も終わり、ただ Amazonia の西縁部と現在の海岸周縁のみにその後の海侵が行なわれた。この地史の第4段階の始めは三疊紀後期に開始された乾燥環境での広範囲にわたる堆積作用と、これにともなう激しい玄武岩質火山活動である。この段階の堆積作用は断層による構造運動で厚い堆積の可能な地方にのみみられる。この点できわだっている

のが ブラジル北東部地方の三疊紀の Cipó と Rio do Peixe の堆積盆地ならびに白亜紀の Recôncavo 盆地である。これらの盆地はいずれも Maciço Atlântico (アトランチコ高地) の結晶質楯状地上に直接分布している。Paraná 河上流の堆積盆地も重要な白亜紀の盆地で古生代構造上に堆積が行なわれた。新生代の堆積盆地の中で主要なものをあげると Marajó 盆地 Madeira 河下流の盆地および Pantanal 盆地などがあるが 前の二者では厚い堆積物が見られ いずれも疑う余地なく構造的成因によるものである。白亜紀の前期頃からおよそ現在の位置にあることによって 数回にわたりブラジルの北部と北東部では海進が起こり 化石の豊富なことで有名な地層の堆積が行なわれた。次章ではブラジルの地史の記述をとくにこのような広い各盆地について行なうが こうした記載が如何に困難であるかを感じる。堆積盆地の境界はその後の浸食により大部分の場合 最初の分布範囲の限界を適当に表現することは困難である。

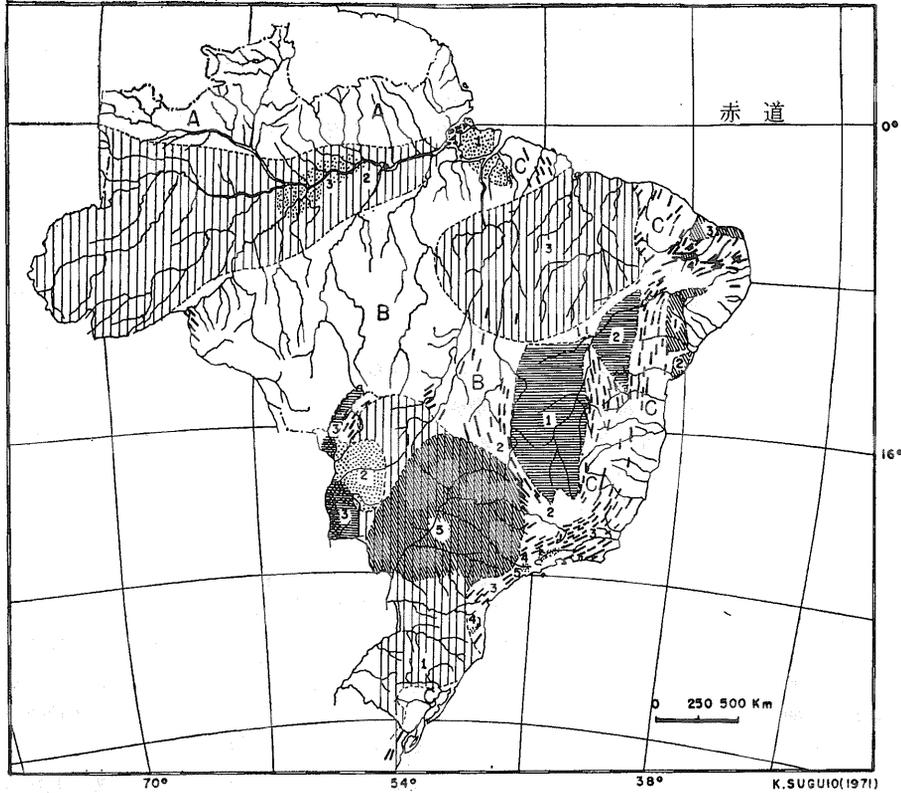
ブラジルの地質文献中で堆積の構造環境や古地理的な論文は少ないが 将来はこの方面の研究の進展によってこの問題と堆積盆地の本質との関係が明らかにされるものと考えられる。その上一般に堆積盆地自体の構造性ははっきりしていない場合が多く 先カンブリア構造との関係は概略解っていないが 盆地の生成の諸原因が理解されていないことも時々ある。上記のように問題点が多いため不正確さはやむをえないことであるが ブラジルの地質の記述を行なうためには 各堆積盆地を詳細に分析する方針を進めた方が 伝統的で単調な地質年代順の解説より 異論の少ない実質的価値を有するとともに地理学にも必要な援助を与えることができる。事実アンデス山脈造山運動の直接の影響を受けていない熱帯性気候のブラジルでは 風化作用による地形の形状に構造上の特別な価値を認めることができ この価値は北東の半乾燥地域でもまた最南端の亜熱帯地方でも軽視することができない。このように各構造単位は自から1地形領域であり つぎに記述されることがこの考察を証明すると思う。

2 先カンブリア時代

ブラジルの先カンブリア基盤岩地域の総面積は多分500万平方km以上であり 大きな3つの地域に分けられる。すなわち ギアナ地区 (Guiana は Amazonas 盆地北方にある) 中央ブラジル地区 (Brasil Central は古生代後期の堆積盆地を2分する広大な地帯) およびアトランチコ地区 (Atlântico は Parnaíba São Francisco および Paraná 盆地の周縁から大西洋まで広がる地帯を指す)

に分けられる。São Francisco と Paraná 堆積盆地は同じく先カンブリア時代のカナストラ隆起帯 (Arcor de Canastra) と称される構造によって分けられている。世界中どこでも見られるようにブラジルの先カンブリア時代も強烈な変成作用を受け 全般的に褶曲や断層により変形され 花崗岩や花崗閃緑岩などに貫入された岩石類によって構成されている。第2図は航空写真 文献などに記載されている知識および個人的観察により それほど未知とも言えないブラジル楯状地の主要な構造方向の表示をこころみたものである。ざっと目を通しただけでも理解できることは 南方と東方の海岸線が古い構造と平行していること北東海岸線の不整合的性格 それから各堆積盆地が先カンブリア時代楯状地に決定された方向に適応していることなどが以前から指示されていた。しばしば痕跡をなくしていたり また場合によっては 最も古い Brazilian Complex (Complexo Brasileiro) などのように過度にミグマタイト化作用を受けたり あるいは再生花崗岩に変質されている場合でもそうである。ブラジルの先カンブリア時代の圧倒的な堆積岩質な性格は どこにでもみることができる。原生代のものと推定されているもっと若い時代の堆積岩類はより理解しやすい堆積物と熔岩の組合わせによって形成され それぞれことなった統や累層に分類され Brazilian Complex より理解しやすく 明らかに幾つかの地向斜を構成していたと見られる造山帯に固定されている。

しかし地質時代を決定するにたる化石を産出しないのでこの層序は岩石成因学的あるいは単なる岩石学的類似場合によっては認めがたいかまたは構造性と混同されやすい傾斜不整合 貫入岩との関係または鉍化作用の時代などによって決定されてきた。幾つかの絶対年代測定も行なわれたが 不幸にして必ずしも野外観察と一致しないものがあり 現在この方法に頼れるだけの測定数も正確さもない。JENKS³⁾ が Handbook of South American Geology 中のブラジルに関する章で記述したように より信頼のもてる対比の基礎知識がない以上 ブラジルの先カンブリア時代を3つに分ける分類法を採用することにしよう。この分類方法では多分先カンブリア時代の前期と中期は始生代に また後期は原生代に対応するものとする。ブラジルで先カンブリア時代が一番良く知られているのは Guanabara 州 São Paulo 州 (Paraíba 河畔) Rio de Janeiro 州の海岸山脈 (Serra do Mar) および Minas Gerais 州の中央部と南部である。この地方で行なわれている地質調査の報告の大部分は 1957年現在では未刊行ではあるが ブラジルの楯状地の層位学的知識のために重要な基礎的資料を提供している。



堆積盆地と構造地溝

■ 新生界

- 1-MARAJÓ 地溝
- 2-PANTANAL 盆地
- 3-BAIXO MADEIRA 盆地
- 4-PARAÍBA 地溝
- 5-SÃO PAULO 盆地

▨ 中生界

- 1-GIPÓ 盆地
- 2-RECÔNCAVO 地溝
- 3-APODI 盆地
- 4-RIO DO PEIXE 盆地
- 5-PARANÁ 川上流盆地

▨ 上部および中部古生界

- 1-PARANÁ 盆地
- 2-AMAZONAS 盆地
- 3-PARNAÍBA (MARANHÃO) 盆地
- 4-LENÇÓIS 盆地
- 5-CORUMBÁ 盆地
- 6-ITAJAÍ 地溝

▨ 下部古生界

- 1-SÃO FRANCISCO 盆地

▨ 楯状地のおもな構造方向

II- BRASÍLIA-GUIANA 楯状地

- A-GUIANAS 山塊
- B-BRASIL CENTRAL 山塊
- C-ATLÂNTICO 山塊
- 1-ESPINHAÇO 地向斜
- 2-CANASTRA 隆起帯
- 3-PARAÍBA 地向斜

F.F.M. DE ALMEIDA (1957).
による

第2図 ブラジルのおもな地質構造図

2.1 先カンブリア時代前期 (Mantiqueira 統)

O. BARBOSA により Mantiqueira 統と名付けられた地層は始生代のものと推定され Guanabara 州海岸線から Minas Gerais 州の Mantiqueira 山脈 (Santos Dumont 地区) まで分布し 花崗岩化された岩石の集合体で構成されている。調査の進捗とともに Mantiqueira 統の分布面積は増加の傾向を示すものと考えられる。

2.2 先カンブリア時代中期

これも O. BARBOSA⁴⁾ によって呼ばれた Barbacena 層によって構成されているが 最初に Barbacena 層と判断された岩層の分布範囲は EBERT によって制限された。こ

の岩層は2つの相によって形成されているが 第1の変質塩基性岩質および過塩基鈹岩質からなる変成相と第2の雲母片岩変成質アルコース変成質礫岩および珪岩からなる層相である。上位の岩層より古い貫入岩類の花崗岩 閃緑岩 塩基性岩および超塩基性岩などもみられる。花崗岩にともなうペグマタイトは錫石を産出する (Minas Gerais 州の Paraopeba および Mortes 河畔)。Barbacena 層は重要な造山運動の影響を受けているがこれは EBERT によると原生代のオンタリク時に対比できる。この岩層の上位にみられる Lafaiete 層は傾斜不整合の関係にあり EBERT によると雲母片岩 一

部では ホルンブレンド質および グレーワック 珪岩 イタピライト ゴンダイト 過塩基鈹岩などからなり Minas Gerais 州の Lafaiete 含マンガン地区を構成している。Lafaiete 層と Barbacena 層を合わせてその厚さは 1,000m 以上である。構造的には両者ともに複雑であり 重なり合った断層システムなどが観察できる。各構成層は異なった変質度を示し 強烈なミグマタイト化作用からエビ帯千枚岩までみられる。錫石を産出する São João del Rey (Minas Gerais 州) のペグマタイトは Barbacena 層を貫通するが Lafaiete 層を貫通せず およそ 11 億年前の年代を示した。以前 Barbacena 層と Minas 統に含まれていた一部は Dorr II と協力者⁵⁾に

よって Rio das Velhas 統に結合され2層群に分けられている。すなわち 緑泥石片岩 絹雲母片岩 グレーワック 鉄鉱層および石灰質相と変質火山岩物質からなる下部層の Nova Lima 層群で その厚さは 4,220m 以上である。不整合によって最低 1,500m の厚さを有する絹雲母質珪岩 千枚岩や礫岩層によって構成されている Maquiné 層群におおわれ また 上位には傾斜不整合関係をもって Minas 統の下部構成層が現われる。

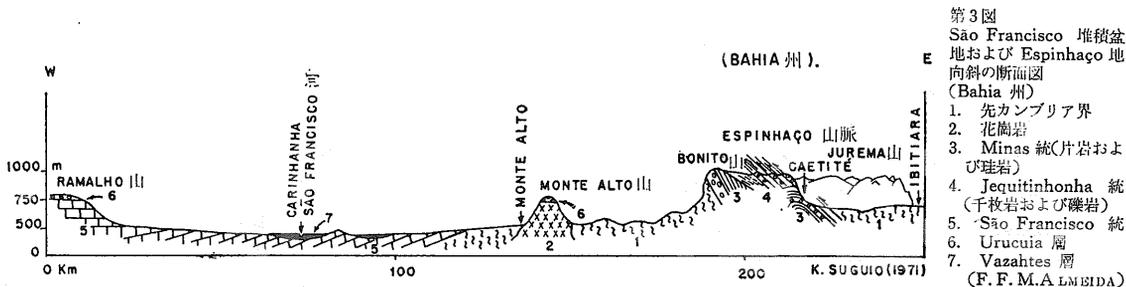
1955年の第19回ブラジル地質学会の折 O. BARBOSA によって緑色片岩 雲母片岩およびミグマタイトからなる Araxá層が提案された。この岩層は Minas Gerais州西部の Quebra Anzol 河から Parnaíba 河畔 それから Goiás 州と Pará 州の Araguaia-Xingu 両河間の地域まで広く分布している。O. BARBOSA によると Goiás 州南部の金紅石産出地区 Almas と Santa Teresa 両河間のペグマタイト地区 また同じ州の水晶産出地区などはこの岩層に属している。地質構造的には逆断層や重なり合った断層などがほぼ南部からの圧力によって Anápolis 市 (Goiás 州)北方に現われている。

2.3 先カンブリア時代後期 (Espinhaço 地角斜)

この雄大な地質構造は Minas Gerais 州南部 (Bom Sucesso 地区) にはじまり 北の方では Bahia 州に入り北北西方向にまがってから São Francisco 河を Rio Grande 河口付近で横断して Parnaíba 堆積盆地の古生層におおわれている。この盆地の北西周辺 (Maranhão 州 Gurupi 地方) にまでのびているように思われ もしこれが確実なことであれば 最初考えられた範囲よりさらに面積が広がる。Espinhaço 線状劣地角斜は数 1,000 m のおもに海成の機械的堆積物によって満たされているが この堆積物は一般に成熟度が高くドロマイト 石灰岩 ジャスピライトや塩基性噴出岩などの組合せで構成され 少なくとも2度の造山運動の影響を受けている。この内最初のしかも主要な 東から西への方向の褶曲運動をうけ 重なり合った断層によって複雑化された地層を 西方の堅い基盤上に推しかぶせた所にちょうど São Francisco 堆積盆地があり このような経過と同時に花崗岩パソリスの進入が行なわれた。Rio das Velhas 統 (始生代) 上に 不整合関係で横たわる原生代の最も古い Espinhaço 地角斜の各層は O. DERBY⁶⁾ による Minas 統に含まれている。現在の限定された意味ではこの地層は少なくとも 6,000m の厚さを有する浅海から半深海堆積物によって構成されているが E. C. HARDER と R. T. CHAMBERLAIN は 1915年⁷⁾ に Diamantina 市 (Minas Gerais 州) 南方の山脈を調査して4つに分ける方法を提案した。下部層は Caraça 珪岩層と称され雲

母質珪岩ところによっては礫質で基底礫も有し傾斜不整合関係で始生代の岩層をおおっている。下部層の厚さは 0 から 1,000m 以上である。その上に Batatal 層があり泥質特性を有するが 現在は石墨千枚岩になっている。そしてこの厚さは数mから 150m であり塩基性熔岩の中間層も見られる。この上位には Itabira 層があり おもに化学的または有機化学的成因の堆積物で ドロマイト 石灰岩 千枚岩およびイタビライトなどでレンズ状の純粋な赤鉄鉱も見られる。Itabira 層の厚さは 1,500m 以上で 少なくとも特異な岩層のイタビライトに関しては Espinhaço 地角斜では割合限定された分布を見せているようである。この上位には Piracicaba 層が現われるが 前者との間は侵食不整合の関係で接しており岩相はおもに千枚岩で一部珪岩質 礫岩質 ドロマイト質またはイタビライト質の部分もある。多分幾つかの相は凝灰岩の変質作用によるものと思われる。この層の厚さは 4,800m に達することもあるが 地角斜の北部地区では重要性がなくなるように思われる。Minas 統の上位には明瞭な傾斜不整合の関係で Jequitinhonha 統ののっている。この名称は O. BARBOSA が 以前 Minas Gerais 州の調査で L. J. DE MORAIS⁸⁾ により命名された “Lavras 統” という層名を代用するために提案したもので 2つの層に分けることができるがこれらの関係はまだ解決されていない。L. J. DE MORAIS の Sopa 層は Diamantina と Grão Mogol の周囲に分布しており石英 絹雲母質膠結物を有する融氷流水礫岩で組成され São João da Chapada には数10mの厚さのダイヤモンドを産出する漂礫岩もある。L. J. DE MORAIS の Macaúbas 層は山脈沿いに Minas Gerais 州の Diamantina 市から北へ延び Bahia 州の Caitité 地方にまで分布する。

Espinhaço 山脈東部の Jequitinhonha 河畔にも広く分布し 南 Bahia 州の Pardo 河下流まで達している。漂礫岩 珪岩および千枚岩と場所によってはドロマイトなどによって構成されているこの層は 数 100 m の厚さを有する。Jequitinhonha 層は Espinhaço 地角斜の山岳氷河時代を代表するものと思われ この時代には 多分 Minas 統に影響をもたらした第1回目の造山運動の結果として山脈が現われた。Sopa 層はとくに Caraça 珪岩にきざまれた縦状谷間 (氷食谷) の融氷流水堆積物で代表され また Macaúbas 層は氷食湖または氷海成の堆積物 (Glacio-Marine Sediment) である。この地層は1回の造山運動によって Minas 統とほぼ一致した方向に形成され 岩相はエビ帯よりメソ帯までの変質作用を受けている。Espinhaço 地角斜は Bahia 州ではまだ詳しく調査されていない。Contas 河上流から北北西に São



第3図
São Francisco 堆積盆地および Espinhaço 地
向斜の断面図
(Bahia 州)
1. 先カンブリア界
2. 花崗岩
3. Minas 統(片岩および珪岩)
4. Jequitinhonha 統
(千枚岩および礫岩)
5. São Francisco 統
6. Uruçuaia 層
7. Vazahtes 層
(F. F. M. A. LMEIDA)

Francisco 河を渡って延びる珪岩質山岳地帯は Caraja 層であろう。そこで見ることのできる片岩 含鉄鈹珪岩 イタビライトおよびドロマイトはたしかに Minas 統以外の岩層に属するものである。前者の上に傾斜不整合関係でついている Jequitinhonha 統も山岳上の Caitité町西方地区に現われる(第3図)。Minas Gerais 州にみられる Espinhaço 統の山の特徴的な地形は珪岩が浸食に耐えてできたものである。

2.4 Canastra 線状造山帯

Canastra 線状造山帯は Minas Gerais 州の Ouro Preto 町周辺から Goiás 州の中心部まで連っており São Francisco 堆積盆地の南西部に分布している。EBERT (1956) が Araxaides と称した先カンブリア構造はこれに属するものである。Minas Gerais 州の南部の Mortes 河および Grande 河上流流域に現われる幾つかの地層は H. EBERT による最近の調査の結果 Minas 統以後のものとされこの統より除かれた。この層は厚い堆積物の連続で構造運動の活発なる環境の下で生成されたので堆積物の成熟度は低くエピ帯変質作用を受けている。この中で一番古いと思われるものは Tiradentes 層でこれは珪岩 アーコス アーコス質礫岩 変質シルト岩およびドロマイトなどから構成されている。この上に O. H. LEONARDOS⁹⁾ の Carandaí 層があり下位層との関係はあきらかに構造性である。この層の下部はグレーワッケ アーコス 礫岩およびしま状片岩からなりわずかな不整合関係で石灰岩と石灰質千枚岩がこの上についでいる。この上位には Prados 層がありこれはグレーワッケ 礫岩 シルト岩および千枚岩などから構成されている。Tiradentes 層は EBERT によって Espinhaço 地方南端のみに分布する Itacolomi 統に対比された。もしこれが正しい解釈であるならば Espinhaço は Canastra 線状造山帯に属し Espinhaço 地向斜中の一つの山岳に過ぎないのではないかと考えられる。HARDAR と CHAMBERLIN の Itacolomi 統は Ouro Preto 町周囲の山岳地帯に現われ また Mariana Passagem および Rodrigo Silva 付近でも見られる。

Ouro Preto¹⁰⁾ では Itacolomi 統は下部の 100m の厚さを有する珪岩と 上部の厚さ 50m の千枚岩と 厚さ 300m の絹雲母質珪岩からなり 傾斜不整合関係で下位の Minas 統(始生代)をおおっている。Grande 河流域 Boa Esperança 地方から雄大な山岳地帯をなして Paraná 堆積盆地周縁まで分布する珪岩は Tiradentes-Itacolmi 珪岩に対比できるようである。この珪岩は千枚岩や石灰岩 (Itaú) などを夾有している。

2.5 Paraíba 地向斜

ROSLER と EBERT による最近の調査の結果では Rio de Janeiro 州の海岸山脈(Serra do Mar)はアルプス性造山運動を受けた 原生代後期の大地向斜の中央部に位置するようであり この構造を EBERT (1956) は “Parai-bides” と称した。Paraíba 谷の一部の礫質な片麻岩や珪岩および大理石などは始生代のものではなく原生代に属する。この岩相が EBERT の Paraíba 統をなし始生代の再生花崗岩上に横たわっている。海岸山脈の花崗岩質片麻岩は奥地の始生代クラトン上に投げ出される複雑なデッケ (Nappe) 構造をなす。¹²⁾ 変成作用の度合は海岸線より奥地へ向かって減少して Guanabara 州の花崗岩質片麻岩は Paraíba 谷ではそれほど強烈な花崗岩化作用を受けていない。EBERT によるとこの変質作用は南 Minas Gerais 州でもっとも弱く広大な Andrelândia 統(A. R. Lamego¹³⁾)の雲母片岩地区ではメソ帯変質相に過ぎず また Paraíba 地向斜の堆積物は Tiradentes Carandaí Barroso および Prados 層に対比されている。もしこれが確実であれば Tiradentes 層と Itacolomi 層または Grande 河沿いの珪岩は 海岸堆積物で地向斜の北方の陸地区に隣接していたはずである。この陸地区は Espinhaço 構造と後には São Francisco 堆積盆地を受け入れた核に代表されていた。このような解釈からいくと Canastra 線状造山地帯は たんに海岸山脈の地向斜の分脈に過ぎず そして重要な方向変更を Andrelândia 地区近くで行なうことになる。第2図を見るといかに原生代後期の海岸山脈の地向斜の褶曲が南東から北西方向の圧迫によって行なわれたか Espinhaço 地向斜南

端が影響を受けたかがわかる。Espinhaço 地向斜が東から西方への圧迫を受け イタビライト層は複雑な逆断層や褶曲により変形され このために Minas Gerais 州の“鉄の四辺形”の資源が出来上ったのである。São Paulo 州でも層位的に海岸山脈の片麻岩と Planalto Paulistano (サンパウロ高原)の片岩を見分けることはできない¹⁴⁾。ここでも変質作用の度合は海岸線から内陸に向かって減少し 強烈なミグマタイト化作用を受けた岩石からエビ帯変成岩相へと変化する。この新しい解釈によると O. A. DERBY¹⁵⁾の Açungui 統は大西洋側高原の先カンブリア時代の Paraíba 地向斜の機械的堆積物の集合体で この集合体は Paraíba 谷 (São Paulo 州の Paraíba 地方) から Paraná 州の Curitiba 市の西方のデボン紀の急傾斜の麓まで分布し 千枚岩 珪岩 変質アーコス 礫岩 雲母片岩 ドロマイトおよび塩基性熔岩などから構成されている。正地向斜の構造的に活発な環境の代表的な堆積物である。重なり合う断層地塊で複雑化され 密集した等斜褶曲の連続を見ることができる。Santa Catarina 州の Brusque 統や Rio Grande do Sul 州の Porongos 統も上記のような造構造運動を受けている¹⁶⁾。Açungui 統の石灰岩やドロマイトには他の地方で今まで見ることのできない 少なくとも 2 種類の藻構造の化石がみついている¹⁷⁾。現在の知識では上記の岩層と類似した堆積相で Bahia 州中央北部の原生代のもとと考えられている Jacobina 統 (J. C. BRANNER¹⁸⁾) とか ブラジル北東地方に孤立した斑点状に分布している 雲母片岩 千枚岩 珪岩および石灰岩 (R. CRANDALL の Ceará 統など¹⁹⁾) Mato Grosso 州の Cuiabá 統 (J. W. EVANS²⁰⁾) を同一時代のものに対比するのは不可能である。このように広い地域には独立した堆積盆地があったことは確かである。また永い先カンブリア時代を通じて同時性のものであったとも限らず 良く提案される Minas 統との対比は非常に困難である。

参 考 文 献 集

1. STEINMANN, G. (1930): Geologia del Peru - Carl Winters Universitätsbuchhandlung, 448 p., Heidelberg.
2. BRANNER, J. C. (1915): Geologia Elementar - Laemert & Cia., Rio de Janeiro (305 p.-1906); 2a edição: Livraria Francisco Alves, Rio de Janeiro (396 p.-1915).
3. JENKS, W. F. (1956): Handbook of South American Geology - Geological Society of America Mem. 65, 378 p., New York.
4. BARBOSA, O. (1954): Évolution du geosynclinal Espinhaço - Congr. Geol. Intern., Comptes Rendus, XIX ème Session, fasc. XIV, p. 17-36, Alger.
5. BARBOSA, O. (1954): ob. cit., p. 20-22,

6. DERBY, O. A. (1906): The Serra do Espinhaço - Journal of Geology, vol. XIV, p. 394-401, Chicago.
7. HARBER, E. C. and CHAMBLAIN, R. T. (1915): The Geology of Central Minas Gerais, Brazil - Journal of Geology, vol. XXIII, No. 4, p. 385-424, Chicago.
8. MORAES, L. J. et al. (1937): Geologia Econômica do Norte de Minas Gerais - Serviço de Fomento da Produção Mineral, Bol. 19, 192 p., Rio de Janeiro.
9. LEONARDOS, O. H. (1939): In "Jornal do Comércio" - Recife, Pernambuco.
10. LACOURT, F. (1935): Resumo da geologia da fôlha de Ouro Prêto - Escola de Minas de Ouro Prêto, Anais No. 27, 48 p., Ouro Prêto, Minas Gerais.
11. BARBOSA, O.: Excursion guide of the IX Brazilian Geological Congress (In Portuguese).
12. ROSIER, G. F. (1954-1956): Relatório Anual do Diretor, ano de 1954, p. 60-65; ano de 1955, p. 41-48; ano de 1956, p. 69-70, Rio de Janeiro (Divisão de Geologia e Mineralogia).
13. LAMEGO, A. R. (1940): O maciço de Itatiaia e regiões circundantes - Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Bol. No. 86, 76 p., Rio de Janeiro.
14. AIMEIDA, F. F. M. de (1958): Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Cubatão - Bol. Paulista de Geografia, A. G. B. Bol. No. 15, p. 3-17, São Paulo.
15. DERBY, O. A. (1878): Geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil - Museu Nacional do Rio de Janeiro, Arquivos vol. III, p. 89-96, Rio de Janeiro.
16. CARVALHO, P. F. e PINTO, E. A. (1938): Reconhecimento geológico no Estado de Santa Catarina - Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Bol. No. 92, 30 p., Rio de Janeiro.
17. ALMEIDA, F. F. M. de (1944): *Collenia itapevensis*, sp. n., um fóssil precambriano do Estado de São Paulo - Bol. Fac. Filo. Ciên. e Letras USP, Geologia No. 1, p. 89-106, São Paulo.
18. BRANNER, J. C. (1910): The geology and topography of the Serra de Jacobina, Brazil - Amer. Journal of Science, vol. XXX, No. 178, p. 385-392, New Haven.
19. CRANDALL, R. (1910): Geografia, geologia, suprimento d'água, transporte e acudagem - Inspetoria de Obras Contra as Secas, Série 1, B. D., Public. No. 10, 131 p., Rio de Janeiro.
20. EVANS, J. W. (1894): Geology of Matto Grosso, particularly the region drained by the upper Paraguay - Geological Soc. of London, Quart. Journal, vol. L, part II, p. 85-104, London.

地質関係機関名簿

連邦政府機関

- 1) 国内鉱産局 (本部)
Departamento Nacional da Produção Mineral (D. N. P. M.)

Avenida Pasteur No. 404, Praia Vermelha
Rio de Janeiro, GP

- 2) おもな **D. N. P. M.** 支局
 - a) **D. N. P. M.** (São Paulo)
Rua 13 de Maio No. 1279
São Paulo, SP
 - b) **D. N. P. M.** (Goiás)
Rua 83, No. 38
Goiânia, GO
 - c) **D. N. P. M.** (Pernambuco)
Estrada do Arraial No. 3824, Casa Amarela
Recife, PE
 - d) **D. N. P. M.** (Ceará)
Rua Carlos de Vasconcelos No. 510
Fortaleza, CE
- 3) 鉱物資源開発公社 (本社)
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (C. P. R. M.)
Avenida Pasteur No. 404, Praia Vermelha
Rio de Janeiro, GB
- 4) おもな **C. P. R. M.** 支社
 - a) **C. P. R. M.** (São Paulo)
Avenida Dom Pedro I, No. 420
São Paulo, SP
 - b) **C. P. R. M.** (Belém)
Rua Governador José Melcher, No. 1579
Belém, PA
- 5) ブラジル原子力委員会
Comissão Nacional de Energia Nuclear (C. N. E. N.)
Departamento de Exploração Mineral
Rua General Severiano No. 90, Botafogo
Rio de Janeiro, GB
- 6) 東北地方開発管理局
Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE)
Avenida Conde da Boa Vista, No. 484
Recife, Pernambuco

ブラジル石油公社
Petróleo Brasileiro S/A, PETROBRÁS

- 1) 本社生産部及び地質部
PETROBRAS DEXPRO/DIVEX
Rua Senador Dantas No. 14, 18 Andar
Rio de Janeiro, GB
- 2) おもな **PETROBRÁS** 支社地質部
 - a) **PETROBRÁS** RPBA/DIREX
Avenida Frederico Pontes No. 220
Salvador, BA
 - b) **PETROBRÁS** RPNE/DIREX
Rua do Acre No. 2504
Aracaju, SE
 - c) **PETROBRÁS** RENOR/DIREX
Rua Senador Manuel Barata No. 532
Belém, PA

大学およびおもなる研究所

- 1) 地球科学天文学研究所
Instituto de Geociências e Astronomia da
Universidade de São Paulo
Caixa Postal No. 8105
Cidade Universitária
São Paulo, SP
- 2) 地質大学
Escola de Geologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Avenida Paulo Gama, S/N
Porto Alegre, RS
- 3) 地球科学研究所
Instituto de Geociências
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Largo do São Francisco No. 24, 4 Andar
Rio de Janeiro, GB
- 4) 地球科学研究所
Instituto de Geociências
Universidade Federal de Brasília
Brasília, DF
- 5) 地球科学研究所
Instituto de Geociências
Universidade Federal da Bahia
Rua Caetano Moura, S/N
Salvador, BA
- 6) 地球科学研究所
Instituto de Geociências
Universidade Federal de Pernambuco
Caixa Postal No. 1538
Recife, PE
- 7) 地質学岩石学研究室
Departamento de Geologia e Petrografia
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro
Caixa Postal No. 178
Rio Claro, SP
- 8) オウロ・プレット鉱山大学
Escola de Minas de Ouro Prêto
Ouro Prêto, MG
- 9) 地球科学研究所
Instituto de Geociências
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, CE
- 10) 地球科学研究所
Instituto de Geociências
Universidade Federal do Pará
Belém, PA
- 11) 地質学研究所
Instituto de Geologia
Universidade Federal do Paraná
Caixa Postal No. 756
Curitiba, PR
- 12) 地理地質研究所
Instituto Geográfico e Geológico (I. G. G.)
Rua Antônio de Godoy No. 122, 8 Andar
São Paulo, SP