

# 南米アンデス地帯の地質と鉱床

竹田 英夫

## ボリビアの地質と鉱床(その1)

南米のアンデス地帯の地質と鉱床について これから国別に紹介して行きたいと考えている。これはこの地帯が鉱物資源からみてきわめて重要な位置を占めているにもかかわらず 日本ではまとめて紹介されたものも少なく またそれぞれの国ではスペイン語で書かれており わが国では 一般に親しみが薄いために余り読まれていないように思われるからである。然し 実際に筆をとりあげてみると 地質および鉱床についてよくまとめられている国もあれば ごく一部しか書かれていない国もあり 国別に紹介してゆくとき アンバランスが生じてくることは避けられない点はお許しいただきたい。

紹介する順序としては 鉱物資源という立場からみてとくに重要なボリビア・ペルー・チリなどから始めて 序々に他の国に及んでゆく予定であるが これも未だ余り厳密に予定を立てていないので 順序が不同になりとびとびに紹介ということにもなり兼ねない。

また国別紹介が終わった段階で 総合的なまとめを試みたいと思っているが 果たしてどこまで消化出来るか 自信もなく 独断的な意見におち入る可能性もあるので 完結編は未だ確約出来ない点も予めお断りしておく。

### ① ボリビアの地質と鉱床

#### 1. ま え が き

ボリビアの地質を大観するとき この国が同じアンデスグループの一員でありながら ペルーやチリとは大分違った印象を受ける。これはボリビアの地質構造上の位置がいわゆるアンデス造山帯から若干はずれておりむしろ環ブラジル楕状地帯に属していることに原因しているようである。

地質の項で説明するが ボリビアでは古生代末期から海成堆積物はほとんど存在せず 陸成層のみ発達しており また火成活動もアンデス造山帯の底盤状花崗岩より古い時代の花崗岩類がみられ 主要な鉱化作用がこの古い火成活動に関係していることが最近明らかとなった。

鉱産物の内容もチリやペルーのように銅を主とする国々とは異なり 錫・銀・タングステン・アンチモン等を産していることも ボリビアの特色の一つといえよう。

#### 2. ボリビアの地質

##### 1) 研究史

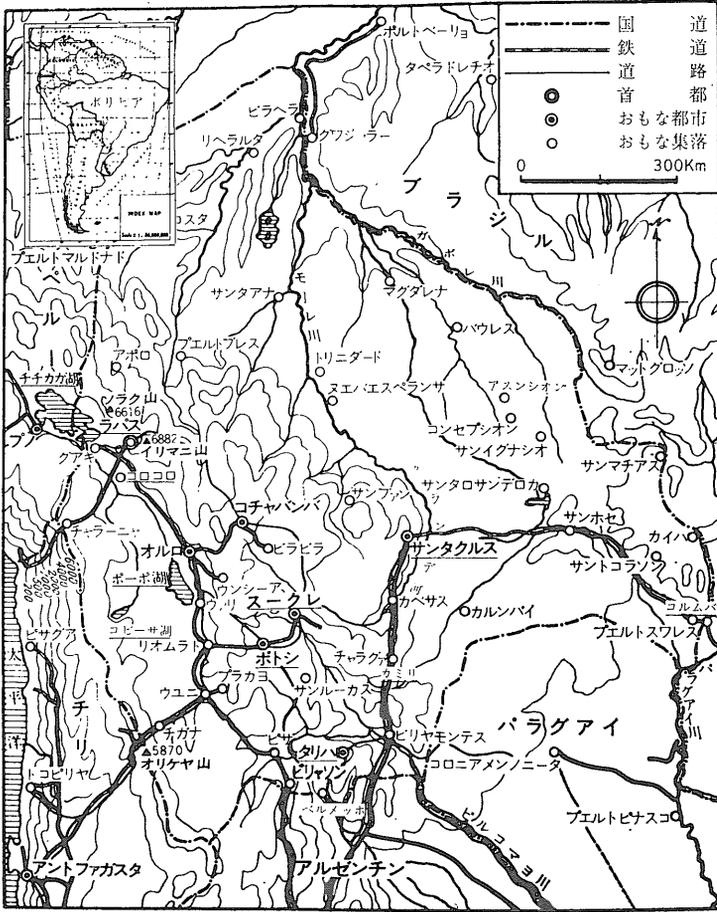
ボリビアの地質の研究は “ボリビアの地質の父” と呼ばれるアルシーデス・ドゥオルビグニー (ALCIDES D'ORBIGNY) に始まり 次いで19世紀末から20世紀初頭にかけて グスターボ・シュタインマン (GUSTAVO STEINMANN) が アンデス地域の調査を行なった。1913年から1922年までローマン・コズロウスキー (ROMAN KOZ-



写真① ボリビアの首都ラパス市(海抜3,700m) [世界地理風俗大系5より]



写真② ラパス市内



第1図 ボリビアの地理交通図

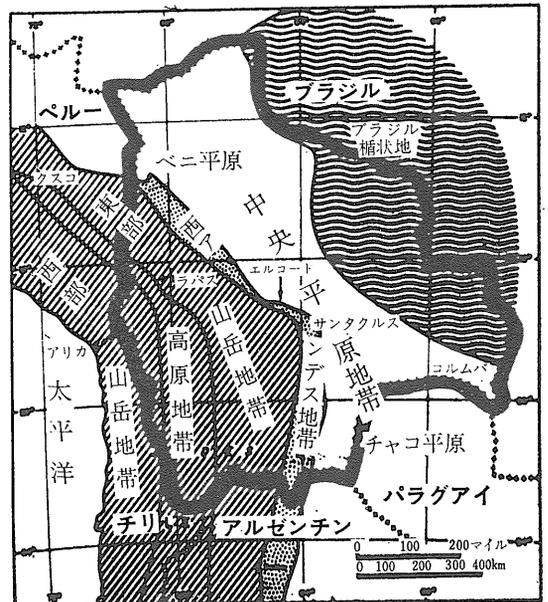
LOWSKI) は オルロー (Oruro) 大学の鉱山教室の主任を勤め その間アンデスの火成活動に関して 岩石学的研究を行ない その後 フェデリコ・アールフェルト (FEDERICO AHLFELD) が 1924年から鉱化作用に関連して地質の研究を行ない 1946年「ボリビアの地質」 さらに 1954年「ボリビアの鉱床」を出版し その後1964年には アレハンドロ・シュナイダー-シエルビーナ (ALEJANDRO SCHNEIDER-SCHERBINA) と共著で「ボリビアの鉱物および燃料資源」を刊行している。

一方 これらとは別に 戦前 スタンダード石油会社 (Standard Oil Co. New Jersey) の石油調査 さらに戦後1956年からガルフ (Gulf), シェル (Shell), スタンダード・オブ・カリフォルニア (Standard of California) 等の石油会社による大規模の調査が実施され とくにシェルとスタンダードは 共同して物理探鉱および試錐を実施して広域調査を行ない ボリビア全土で 380 ヵ所にのぼる層序断面図を作成して この国の地史に関して正しい概念をうち出した。 この結果について L. E. シュ

ラッター (L. E. SCHLATTER) と M. H. ネーデルロフ (M. H. NEDERLOF) が 「ボリビアの地質と古地理の概要」 (1966年) にまとめて述べられてある。一寸余談になるが アールフェルトとシュナイダーの地質に対する見解とシュラッターとネーデルロフの解釈を読み比べてみて いわゆる鉱床家と石油家とでは 同じ国の地質を取り扱いながらいぶん違いがあるものだということが解った。例えば 前者では造山運動と火成活動に中心を置き 地相斜の発達史の中に鉱化作用を組み入れているのに対して 後者ではボリビアには地相斜的要素は存在せず アンデス造山帯からはずれていることを指摘し さらに「アールフェルトの地質に関する記載は石油の探鉱には余り役に立たない」とその中に書いている。これは当然のことともいえるが 両者の間での地質に関する把握の仕方がかくも違うものかといささか驚かされた。

## 2) 地形

ボリビアは地形的にみて 次のように 4大別されるが それぞれの帯は地質条件を反映している。(第1図および第2図参照)



第2図 ボリビアの地形的分帯



写真③ 東部山岳地帯のアポロパンパ山脈南部のカル地形（世界地理風俗大系5より）

- (1) アンデス地帯 (Los altos andes)
- (2) 亜アンデス地帯 (La Faja subandina)
- (3) 中央平原帯 (Las bajas llanuras en el centro)
- (4) ブラジル楯状地帯 (Las colinas del Escudo Brasileño)

### (1) アンデス地帯

この地帯は さらに次の3帯——西部山岳地帯(Cordillera Occidental)・高原地帯(Altiplano)・東部山岳地帯(Cordillera Oriental)——に分けられる。

**西部山岳地帯** ポリビアの西端に位置し 一般に火山帯に属し 高度は6,500mに達する。

**高原地帯** 平均高度は約4,000mで 中世代から新世代にかけての碎屑岩類が 厚さ10,000m以上も堆積



写真④ アルティプレーノ（高原地帯）の遠景

している一種の構造帯である。

**東部山岳地帯** 層厚6,000mにおよぶ古生代の古期構成岩類を主とし 北部では火成活動がその脊梁部にいちじるしく これを真正山岳地帯(Cordillera Real)と名付けている。この東部山岳地帯の南部では 古期岩類を上部白亜系が不整合におおっている。

### (2) 亜アンデス地帯

アンデス地帯の東側で高度1,000~2,500mの褶曲山脈帯が存在するが これを亜アンデス地帯と呼んでいる。この地帯は 一般に古生代の岩類と上部第三系からなり サンタ・クルス (Santa Cruz) 付近のコード (Codo) 地域でその幅が非常にせまくなっている。このコード地域より北部は南部に比べて高い地形を示している。

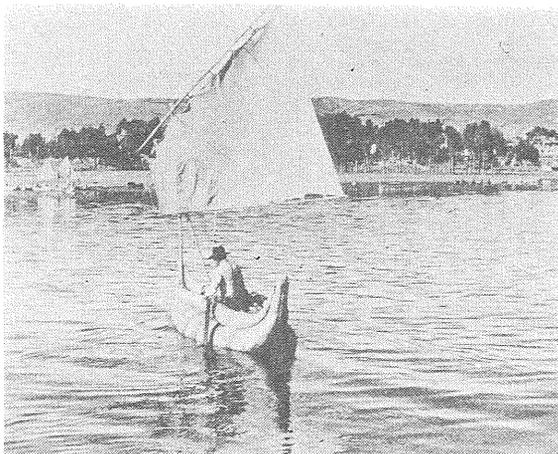
### (3) 中央平原地帯

この地帯は亜アンデス地帯の東側に隣接し 第四系が主として発達する。北部のベニ (Beni) 平原は熱帯性の密林に蔽われ 沼沢も多く またサバンナ地形を示すところもある。南部のグラン・チャコ (Gran Chaco) 平原では刺のある雑草が生い茂るが この2つの平原の中間にあるサンタ・クルス付近では農耕地が存在する。

### (4) ブラジル楯状地帯

ポリビアの北東部はゆるい起伏の丘陵地帯で 一般に高度は700m以下であり 先カンブリア系からなるが その上部で古生層の存在するところは突出した高地を形成している。

## 3) 地質



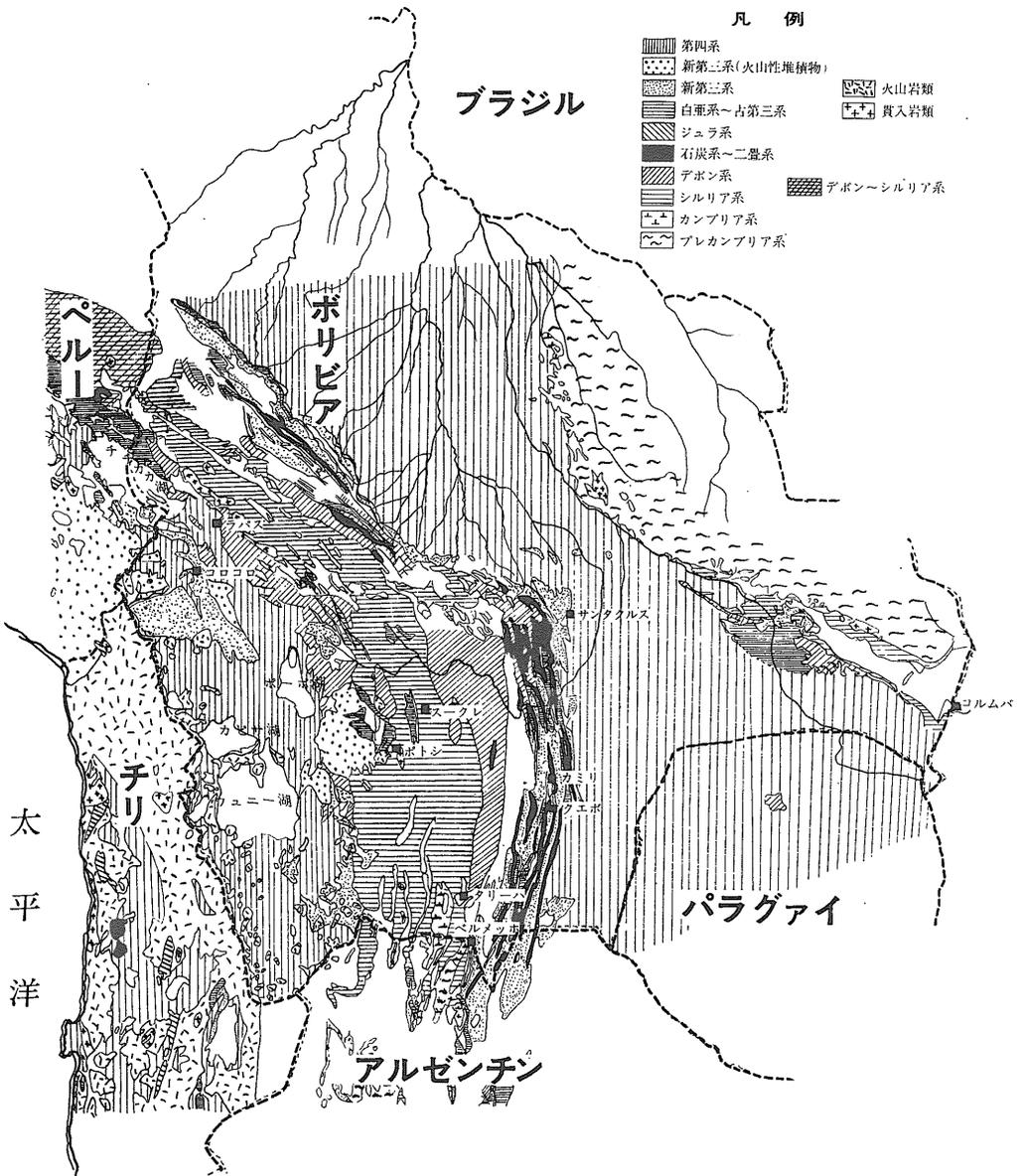
写真⑤ チチカカ湖の草船（世界地理風俗大系5より）

ボリビアの地質の大きな特徴として 石炭紀以降現在まで海成層の堆積がなかったこと また二疊紀からジュラ紀まで陸化しており この間陸成層の堆積もほとんどなかったということがあげられる. この事実は いわゆるアンデス造山帯の性格とは明らかに違ったものであることを物語っており ボリビアは環太平洋造山帯よりはむしろ 環ブラジル楕状地帯に属しているといえることができる.

この国では とくにブラジル楕状地帯が古生代から新生代までの堆積盆地に影響を与えており 楕状地の分布は

石油探査の試錐の結果 ボリビア北東部で以前考えられていたよりも はるかに西側に広く張り出してくることが判明した. また この国の南東部ではチャコ平原に安定地塊の一部と考えられる卓状地が存在し また南西部ではアルゼンチンの北西部のパンパ (Pampa) 山岳地帯から高原地帯の南部に続く先カンブリア系が分布している.

一般にボリビアでは古生代後期から正地向斜は存在せず 堆積盆地は安定地塊の周縁部か またはその内部に



第3図 ボリビアの地質図

生じており 東側では安定地塊であるブラジル楕状地から堆積盆地に碎屑物が運ばれてきているが 西側にもその当時に陸の高地が存在し 堆積物が供給されたことは古地理上明らかであり その西側の高地の位置は現在の西部山岳地帯に相当したものと推定されている。

デボン紀までは海成層の特性を示す堆積岩類が存在し 東部山岳地帯を構成しているが 亜アンデス地帯では背斜構造の軸部にのみ顔を出すにすぎない。

石炭紀から現世までボリビアでは 海の要素がほとんどなく 陸成堆積物が発達しており 亜アンデス地帯ではゴンドワナ (Gondwana) 相に属する石炭系と第三系が分布する。また白亜紀に属するプカ (Puca) 層群はチチカカ湖付近に発達し 高原地帯では凝灰岩を伴う第三系がみられるが この第三系は亜アンデス地帯や平原地帯の第三系とは性質を異にしている (第3図参照)。次に時代順に地質の概略を説明する。

#### (1) 先カンブリア系

ボリビアの北東部に分布するブラジル楕状地の先カンブリア系は主として変成岩からなり 南緯 17° 以北ではアンデス山系に近接してくることが試錐の結果判明した。また この国の南東部でも始生代に属する変成岩が分布している。これらの変成岩類はボリビア東部で石灰岩に富むアルゴンキヤ系に不整合関係で覆われている。アルゼンチン北部のパンパ山岳地帯のアルゴンキヤ系はボリビア国境付近のサンタ・ビクトリア (Santa Victoria) 山脈まで延びてきている。

#### (2) カンブリア系

この国ではこれまで明白なカンブリア系は確認されていないが アルゼンチン北部から国境付近にかけてカンブリア紀の海成層の発達知られており ボリビアの最南端のタリーハ (Tarija) 付近まで分布する。その層厚は約 500 m である。

また コード付近の東部山岳地帯の中軸帯に分布するリムボ (Limbo) 層群は蒸発残留岩と礫岩からなり オルドビス系の下部に位置するためカンブリア系と考えられているが これは先カンブリア系に属する可能性もある。このリムボ層群は古い時代の陸成層である点に興味もたれる。ボリビア東部では 苦灰岩と石灰岩からなる地層が存在し ブラジルのコルumba (Corumbá) 系と同一のものと考えられている。この上部にもオルドビス系がのっており これは先カンブリア系またはカンブリア系の可能性がある。

#### (3) オルドビス系

ボリビアのオルドビス系については 当時の古地理を復元するほどの資料はないが オルドビス紀のトゥナリ (Tunari) 層群は化石に富み トレマドック統からカラドック統まで続く一連の地層が存在することが判明している。このオルドビス系の全体の層厚は10,000mに達する。下部トレマドック統に属する泥岩と頁岩はタリーハの南に分布しており アルゼンチンで発達する上部トレマドック統の頁岩は 未だ確認されていないが ボリビアにもその存在の可能性がある。

アレニグ統の泥岩はスークレ (Sucre) 地方に発達するが 一方ランビル統の砂岩の薄層をはさむ泥岩と頁岩の互層は アルゼンチンからボリビアを通りペルーまで連続している。また ランビル統の上部にはピロバイトを伴う砂岩 その上部にリングラを含む砂岩 最上部に珪岩の層序を示し ランディロ統からカラドック統に属する上部オルドビス系と考えられている。

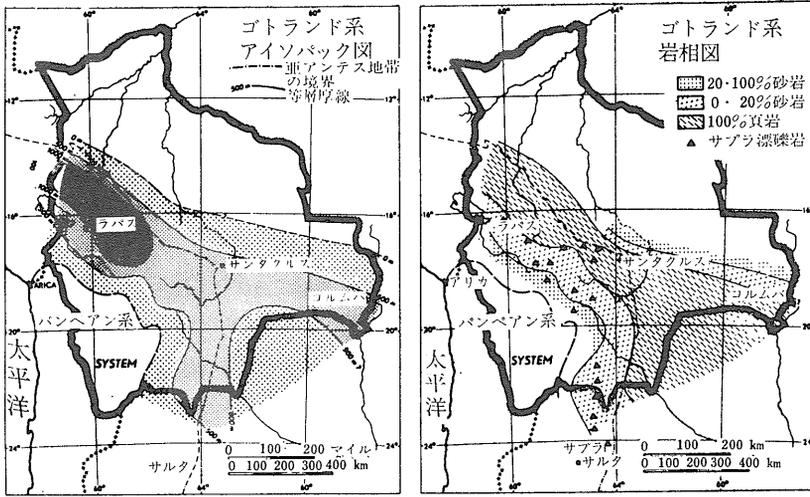
オルドビス系とシルリア系の間は不整合関係を示し ボリビア南部ではアレニグ統まで欠如している。この不整合はタコニック時相の造山運動に関係して生じたものである。亜アンデス地域の北部では オルドビス系に属する珪岩が背斜の軸部に露出しているが これと白亜紀〜古第三紀のベウ (Beu) 砂岩中の "コシンチョ (Cosincho) 珪岩" と混同をさけるため "エナデレ (Enadere) 層" と名付けている。

ボリビア東部では ブラジル楕状地の南縁に分布する珪岩と砂岩の互層 (層厚300~400m) がオルドビス系に属するとされているが 未だ化石が発見されていない。しかし オルドビス紀の海浸により上部オルドビス系の堆積した可能性がある。一般に ボリビアではオルドビス系の発達が顕著であり 東部山岳地帯の $\frac{2}{3}$ を占めるが 砂岩 頁岩等の単調な堆積を示し 劣地向斜の性格をもつものと考えられる。

#### (4) シルリア (ゴトランド) 系

ゴトランド紀の堆積盆地はボリビアの中部からパラグアイの北部に広がり 北西—南東方向に続いている。アンデス全域では砂岩が分布し さらにアンデス地帯では層厚1,200 m 亜アンデス地帯で800 m 東部地帯で400 mの頁岩もみられる。

この基底には水河作用によるサプラ (Zapla) 漂礫岩が存在し ボリビア南部ではこの漂礫岩の上部を赤鉄鉱に富む砂岩の薄層 コード地域では化石の密集した石灰岩の薄層が覆っている。花粉分析によれば このサプラ層はランドベリー統上部またはウェンロック統下部に属するとされている。このサプラ漂礫岩は広域的に発達し 層厚の変化がいちじるしく 数mのものから1,500



第4図 ゴトランド系の等層厚線図と岩相図

mに達するものまでである。またこれは非常に良い示準層であり一部ではカンカニリ (Cancañiri) 硬砂岩とも呼ばれる。

一般にゴトランド系の大部分は頁岩を主とし下部デボン系との間に明瞭な境界がみられない。このゴトランド系は“キルシージャ (Kirusilla) 層”と呼ばれ厚さは600~1,000mで少量の化石を含むがこの地層と下部デボン系はボリビアの石油の起源となった主要なメンバーと推定されている。

真正山岳地帯のゴトランド系に属する頁岩は低度の変成作用を受けている。またボリビア東部の“バンダ・アルタ (Banda Alta) 層”や“ペセネマ (Pesenema) 頁岩”はゴトランド系に相当すると考えられている。“バンダ・アルタ層”ではコロンバの鉄およびマンガンの鉱化作用が知られておりその基底には漂礫岩が存在している。この漂礫岩はサブラ層に対比されまたブラジルのパラナ (Paraná) 盆地のイアポ (Iapó) 層にも類似している (第4図参照)。

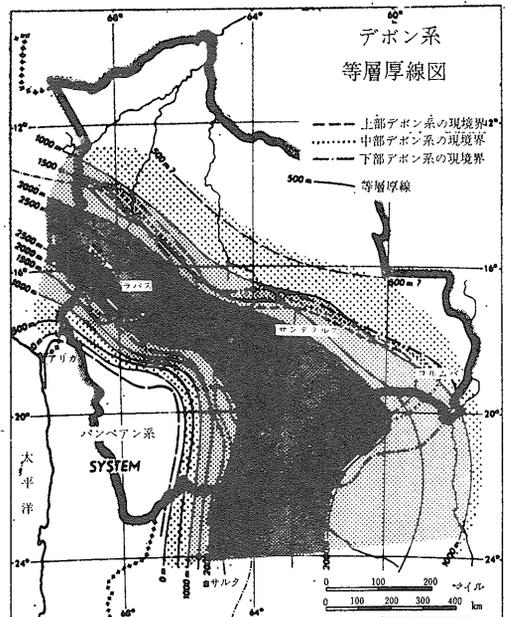
(5) デボン系

デボン紀にはボリビアの南東部全体とパラグアイの北部が海浸を受けアンデス地帯で層厚3,000 m 亜アンデス地帯で2,000~3,000m ボリビア中央部で1,000~1,500mに達するデボン系が堆積した。この堆積盆地の軸は南部では南北方向であるがサンタ・クルス付近で北西-南東方向に転じてペルーにおよんでいる。堆積盆地は真正山岳地帯では深くせまい形を示すが高原地帯では堆積が行なわれなかったところもある (第5図参照)。デボン系は花粉分析により分帯することが可能でありこの分帯は大型化石の分帯とも一致する。

下部デボン系の分布は第6図に示しているが堆積盆地中泥質のものはチャコ西部とサンタ・クルス南東に分布し山岳地帯およびブラジル楕状地縁辺部で砂質となっている。この下部デボン系の中“サンタ・ロサ (Santa Rosa) 砂岩”と呼ばれる層厚約500 mの基底砂岩がアンデス地域の一部にみられるが広域的な分布については未だ良く知られていない。

アンデスの山岳地帯では東部に行くにつれて下部デボン系は泥質となり“サンタ・ロサ砂岩”の上部には走向の一定した“イクラ (Icla) 頁岩”がのっている。亜アンデス地帯では北部に下部デボン系に属する砂質頁岩が広く分布するが南部ではごく部分的にしか知られていない。下部デボン系の標式地としてはスークレ (Sucre) の東のイクラがあげられるがここではゴトランド紀の“キルシージャ頁岩”から下部デボン系に漸移しており基底付近に発達する砂岩を“サンタ・ロサ砂岩”に対比させる見解もある。

中部デボン系は下部のものよりも頁岩質で少量の砂



第5図 デボン系の等層厚線図

岩を伴う頁岩からなり 亜アンデス地帯で良く発達している。以前下部デボン系とされていた「ロス・モノス (Los Monos)」の頁岩地帯で試錐した結果 1,200 mの厚さの頁岩が続き この中に中部デボン紀の花粉が発見されている (第7図参照)。

上部デボン系はボリビア南東部で頁岩質であるが アンデス地域では砂質となってくる。花粉分析の結果 フラスコ統に相当することが知られているが これより上部のものは削剝作用のため その分布範囲が減少している。亜アンデス地帯では 北部で砂岩 中部で砂質頁岩 南部で砂岩・頁岩の互層と変化しているが Y. P. F. B. (ボリビア国営石油公社) のカミリ (Camiri) キャンプでは この上部デボン系の砂岩から石油を採取している (第8図参照)。

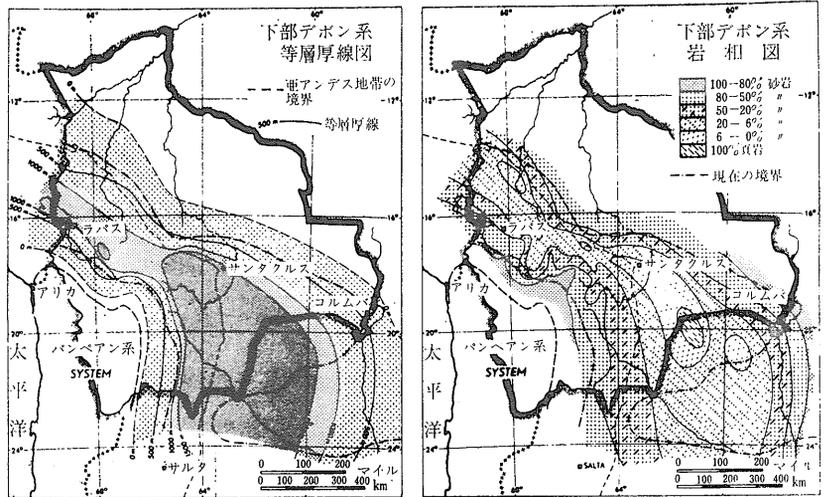
ボリビアの東部ではデボン系全体の層厚が 1,000~1,500mで 下部・中部・上部が包含されている。下部にみられる砂岩はゴトランド系の上ののるか 一部では直接オルドビス系を覆うところもみられ 上部では灰色の頁岩となる。最上部で石炭系との間には微弱な不整合が存在しているが とくにデボン系が強く褶曲したという証

拠はみられない。また ファメニ統が欠如しており デボン系と石炭系との間に不整合があるものと推定される。

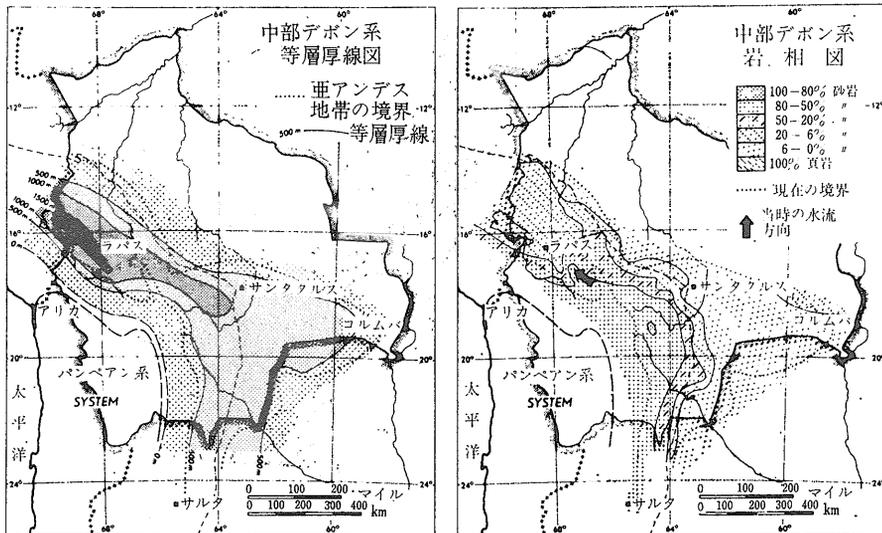
西部山岳地帯のデボン系のもっとも発達した地域ではその層厚が5,000 mに達し 東側に行くに従って層厚は減少する傾向がみられる。デボン紀の末期には未だ海成堆積物が存在しているが 石炭紀に入ると陸成層の堆積が始まるという特性が存在する。

(6) 石 炭 系

ボリビアの石炭系は Gondwana 系に属し その大部分が氷河堆積物および融氷流水堆積物からなり 漂礫岩の一部は卓状地の中の浅海または海峡中に堆積した可能性がある。これらの漂礫岩は南または南東から運ばれてきたものと考えられる。



第6図  
下部デボン系の等層厚線図と岩相図



第7図  
中部デボン系の等層厚線図と岩相図

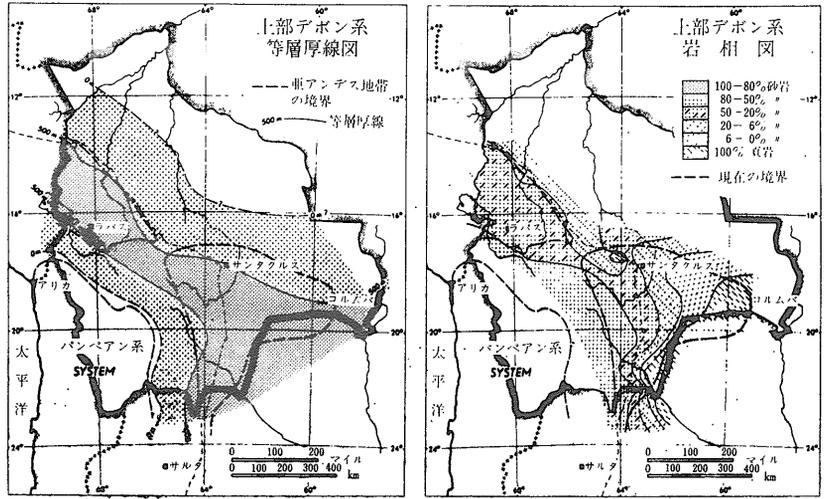
すなわち これらの氷河堆積物はウェーゲナー (WEGENER) の大陸移動説の根拠となったゴンドワナ大陸の氷河作用の産物である。

この石炭紀の氷河堆積物は亜アンデス地帯とこれに隣接した前縁帯に沿って帯状分布を示し 砂質の融氷流水堆積物は東部アンデス地域でも知られている。

亜アンデス地帯で石炭系はもっとも厚くなり 南部では層厚1,800 mに達するが 北方に行くにつれてその厚さは徐々に減少しており またこの中に数枚の含油層が存在していることが知られている。

これらの石炭紀に属する地層はミシシッピー系がいくつかの場所でみられるが 余り発達はいちじるしくなくその大部分はペンシルバニア系である。 亜アンデス地帯の南部では 岩相上“マチャレットティー (Machareti) 層” 群と“マンデュットティー (Mandeyuti) 層群”に分けられる。“マチャレットティー層群”の基底にはミシシッピー系に属する漂礫岩が局所的に存在しているが これは恐らく堆積当時地表で剝削作用があったためと推察されている。この漂礫岩の上に ペンシルバニア系の“トゥパンビ (Tupambi) 砂岩”がのっている。この砂岩層の厚さは200~300mであり アルゼンチンの北からサンタ・クルス付近まで連続して分布する。この砂岩層は東側に行くと 頁岩に移化する傾向がみられる。サンタ・クルスの西側では “トゥパンビ砂岩”が直接デボン系の上ののるところもあるが 一般にその境界は不明瞭である。ボリビア南部およびアルゼンチン北部では この“トゥパンビ”層から石油を産する。この砂岩の上部は岩相の変化がいちじるしく 場所により漂礫岩 また他のところでは 漂礫岩・礫岩・砂岩の互層となる。これらは場所により “チョロ (Chorro) 砂岩” “タリーハ・タイグアティ (Tarija & Tauguati) 層” 等と名付けられている。“タイグアティ層”は以前二疊紀に属すると考えられたが 花粉分析の結果ペンシルバニア系であることが判明した。

“マンデュットティー層群”は下部の“エスカルプメント (Escarment) 砂岩”および上部の“サン・テルメオ



第8図 上部デボン系の等層厚線図と岩相図

(San Telmeo) 層”に分けられる。前者は層厚約600 mで 垂直の崖を作り 赤紫色を呈している。この原因は鉄鉱石の小礫を含むためである。後者の“サン・テルメオ層”は主として氷河堆積物からなり 層厚は600 mで 基底には漂礫岩および頁岩が存在し その上に泥岩と砂岩の互層 さらにその上部に砂岩 最上部には再び漂礫岩がみられるという層序を示している。これらの中の花粉は未だペンシルバニア系のものと類似している。“サン・テルメオ層”は北方に行くにつれて層厚が減少し リオ・パラペッティー (Rio Parapeti) 付近では 氷河堆積物の性格を失い 泥岩の薄層に移化している。“マンデュットティー層群”はコード地域や亜アンデス地帯の北部には存在していない。アンデスの南東部では石炭紀の融氷流水堆積物が散在するが その厚さは約300 mである。チチカカ湖付近ではペルーの石炭系に属する“トルーマ (Toruma) 層群”がボリビアの北東部まで延びてきており 頁岩・砂岩・苦灰岩・石灰岩等からなるが その中に有孔虫および腕足類の化石が含まれている (第9図参照)。

(7) 二 疊 系

ボリビアの二疊系は分布が限定され 下部二疊系のみが存在する。ペルー南部の二疊紀の堆積盆地がボリビアの中心部まで延びてきているが これは北西—南東方向のせまい入江的な性格のものであったと推定される。この下部二疊系はチチカカ湖付近に発達するが 砂岩を挟在する含化石石灰岩を主とし その層厚は約2,000 mで これを“ヤウリチャンビ (Yaurichambi) 層”と名付けている。腕足類・有孔虫・花粉等の同定によりこの地層はウルフキャンプ統であることが判明しており

ペルーの「コパカバーナ (Copacabana) 層群」と同一層である。 亜アンデス地帯の北側および東部山岳地帯においても 石灰岩・砂岩の互層で含化石石灰岩に移化する略同性質の地層があり これらは「カリーサ・ヌベ (Caliza Nube) 層」と呼ばれている。

二疊紀初期には すでにボリビアの大部分が陸化し 中生代の長時期にわたり その状態を持続していることは興味のある問題といえよう (第10図参照)。

### (8) 二疊系—三疊系

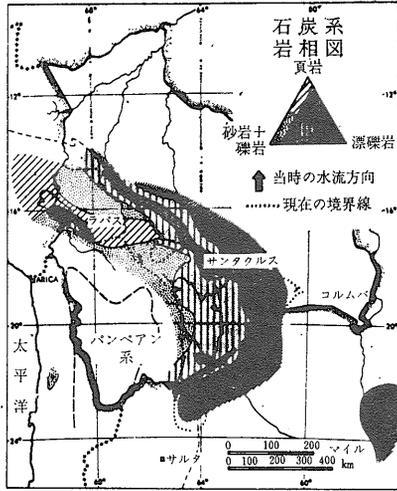
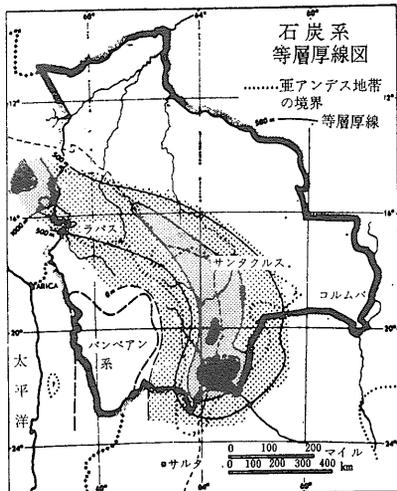
ボリビアの南部で 非常に小規模の堆積盆地に二疊系—三疊系の堆積がみられ 亜アンデス地帯に属するリオ・グランデ (Rio Grande) とベルメッホ (Bermejo) 間では 蒸発残留岩もその一部に存在する。

この時代の堆積岩は「クエボ (Cuevo) 層群」と呼ばれ 3層に分けられる。すなわち 下部の「カンガピ (Cangapi) 砂岩」は層厚0~450 mと変化し 中部の「ビティアクア (Vitiacua) 石灰岩」は岩相変化がいちじるしく部分的に頁岩・砂岩を少量伴う石灰岩と珪質苦灰岩となることもあり その厚さは数~225 mである。 上部の「イパグアズー (Ipaguzú) 層」は砂岩とチョコレート色の

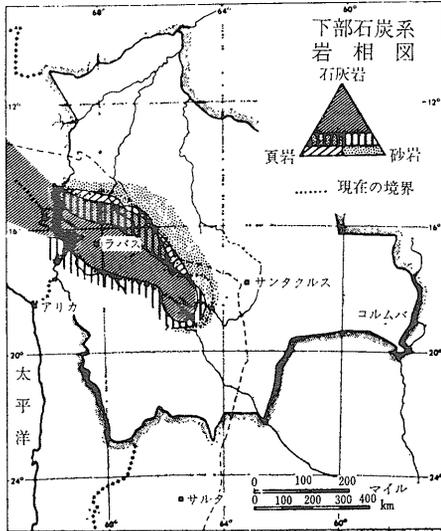
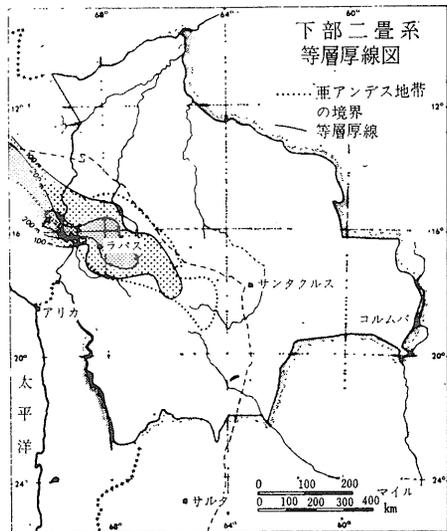
泥灰岩および頁岩がその基底にあり その上部には厚さ50~150 mの白色塊状の硬石膏がみられ さらに数カ所には厚さ25mの岩塩が分布する。 最上部は再び砂岩が存在している (第11図参照)。

### (9) 中生代における火成活動

ボリビアの亜アンデス地帯の南部には玄武岩が数カ所に分布しており これらは「エントレ・リオス (Entre Rios) 玄武岩」と呼ばれている。 一般に前述の「イパグアズー層」の上部にのっており 「クエボ層群」とは不整合関係を示すが その活動時期は明瞭でない。 恐らく ブラジルのサンパウロ州にある中世代に活動した玄武岩か または白亜紀の「プカ (Puca) 層群」中の玄武岩に対比される可能性がある。 ボリビアでは 三疊紀から下部白亜紀まで堆積岩はほとんど発達していない。



第9図 石炭系の等層厚線図と岩相図



第10図 下部二疊系の等層厚線図と岩相図

これは この期間ボリビアが陸化していた証拠である。

一方 火成活動は真正山岳地帯で 花崗岩類の貫入があったことが明らかにされている。これは以前第三紀中期の活動と考えられていたが K/Ar 法による絶対年代測定により 1億8千万年から1億9千9百万年に活動したもので 上部三疊紀に相当することが明確となった。この花崗岩類の活動は 後で述べるように「錳鉍化帯」の鉍化作用と密接な関係があり ボリビアの主要な金属鉍物資源は この時期に生成されたと推定される。

また 東部山岳地帯ではこの時期に古生代に属する古期構成岩類がいちじるしく褶曲し その後削剝作用を受けて準平原化している。従って この古期岩類の上の「プカ層群」とは いちじるしい傾斜不整合の関係を示している。この時期の構造運動はウルフキャンプ階より後期でアプト階よりも前期に生じたことは明らかであり 早期アルプス造山運動のネバタ時相に相当する可能性が高いが あるいは晩期パリスカン造山運動に関係するという考え方も否定し切れない。

これらの火成活動と構造運動については また別項でふれる機会があるので ここでは簡単に述べるに止めておくことにしたい。

(10) 白亜系—古第三系

この時代の堆積岩類は地域の異なった「プカ (Puca)」と「ベウ・タクルー (Beu-Tacurú)」の2つのグループに分けられる。

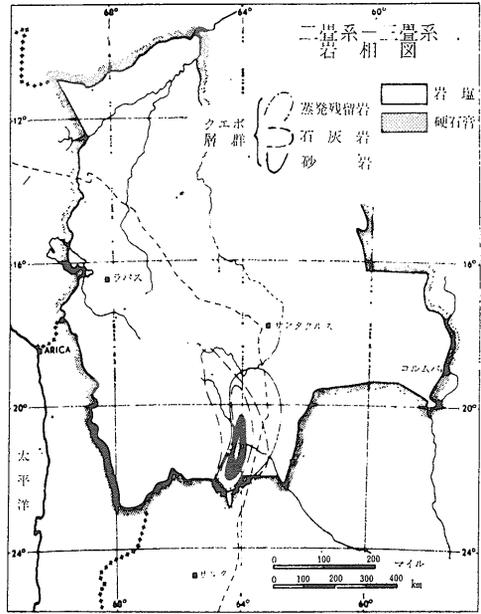
「プカ層群」はいわゆる「赤色層」と呼ばれ 全体の層厚は3,000 m以上に達するが 多くの地域ではその下部層のみが存在しており 岩相の変化がいちじるしい。

東部山岳地帯の南部では 向斜構造を示すところで 古生代早期に属する古期岩類の上に傾斜不整合の関係で「プカ層群」がのっているのが観察されるが 北部では削剝作用により完全に消失している。一方チチカカ湖周辺とペルー南部には この地層が広く分布する。

「プカ層群」は3層に分けられ 下部層は赤色硬質の砂岩からなり 層厚は400~1,200 mで「トロ・トロ (Toro Toro) 砂岩」と呼ばれている。ポトシ (Potosi) 付近では この上に「ミラフローレス (Miraflores) 層」がのっており この基底付近にある含化石石灰岩はペルーの「アヤバカス (Ayavacas) 石灰岩」と同時代のアルビヤ~アプト階に相当することが判明している。

「ミラフローレス層」の上部には 玄武岩の溶岩を伴う凝灰岩および石膏層がみられ さらにその上部付近で上部白亜紀に属する恐竜の骨片 および亀等の化石に富む「パクリートゥス (Paculithus) 層」が存在する。

「プカ層群」の最上部には 赤色・栗色・赤紫色等の



第11図 二疊系—三疊系の等層厚線図

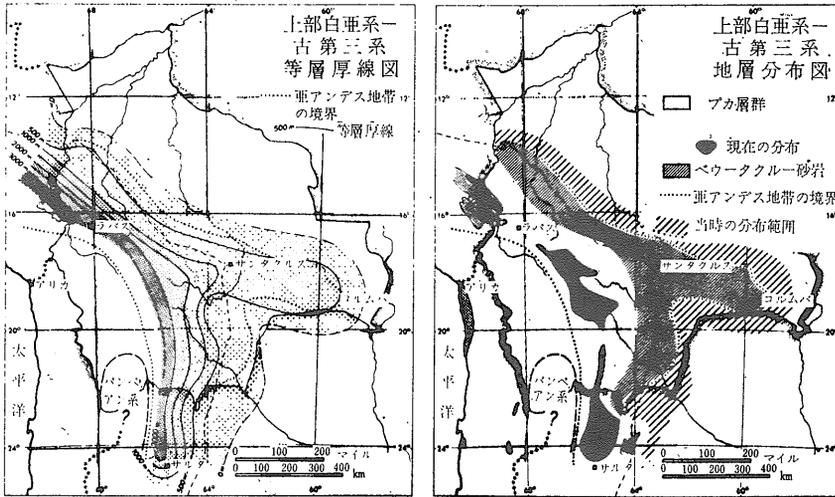
泥岩・砂岩・頁岩等からなる「スティコージョ (Suticollo) 層」が発達するが その層厚は約1,000 mで 古第三系に属すると解釈されている。

Y. P. F. B. のブラニサ (BRANISA) とコーマン (COHMANN) (1962) は「プカ層群」について詳しく研究し「トロ・トロ砂岩」を「ラ・プエルタ (La Puerta) 層」と命名し この層群中にはいくつかの不整合があることを指摘している。

一方「トロ・トロ砂岩」および「ミラフローレス層」中には 玄武岩の溶岩がはさまれており これらの火成活動が白亜紀末期に相当することを示している。

亜アンデス地帯でも赤色砂岩の発達知られており その層厚は数100m~1,000m以上となるが この赤色砂岩はアルゼンチン国境からペルーにまで広がっている。この砂岩は南部では「タクルー (Tacurú) 層」北部では「ベウ (Beu) 層」と命名され これらはその下部にみられる古期岩類——南部ではゴンドワナ系 北部では古生代の地層——と不整合関係を示している。

「タクルー砂岩層」と「ベウ砂岩層」は 以前その対比が困難であったため 種々論議されてきたが 最近両者が単一の堆積時相に属することが明かになり その時代はおもに古第三紀に相当するが 一部は上部白亜紀のものもあると解釈されている。これらと「プカ層群」との直接の対比は不可能であるが 恐らく「プカ層群」最上部の「スティコージョ層」に相当するのではないかと



第12図 上部白亜系-古第三系の等層厚線図と地層分布図

と推定されている。これらの「タクルー層」および「ペウ層」の上部には 常に石灰質の珪化した地層が存在する。これを南部では「ペタカ (Petaca) 鍵層」北部では「エスラボン (Eslabón) 鍵層」と呼ばれ 重要な示準層となっているが これらの鍵層の堆積時には 赤色砂岩の堆積環境と異なり 乾燥した気候ではなかったことを示しているのは興味ある現象といえよう。

ボリビアの東部に分布する「ポルトン (Portón) 層」は赤色砂岩からなり 層厚は約600 mであるが この時代を直接決定することは困難である。しかし これは 亜アンデス地帯の 古第三系に対比される可能性がある (第12図参照)。

### (11) 新 第 三 系

古第三紀の末期には堆積作用の断絶がみられるが これはその時期にアンデス地帯の隆起運動が生じたためと思われる。このため 新第三紀にはアンデスの東部山岳地帯を中心として その両側に堆積盆地が発達している。

すなわち 東部山岳地帯の東側では 「アンデス前縁帯」に堆積盆地が形成され その軸は亜アンデス地帯の方向と平行であった。これはチャコおよびベニ平原西部の沈降に由来し この堆積盆地はおもに西側にある隆起した東部山岳地帯から 碎屑物質がもたらされておりいわゆる「モラッセ」型の層厚3,000~4,000mの赤色層が堆積している。この地層を南部では「チャコ層群」北部では「ベニ層群」と名付けられている。

「チャコ層群」は層厚200mの砂岩および頁岩の互層からなる「モロコ (Moroco) 層」で始まるが これにはしばしば「ガラルサ (Galarza) 基底礫岩」を伴っている。

(鮮新世?)に属するものと推定されている。

サンタ・クルスおよびエル・コードの地域には石油および天然ガスの産出がみられる。

「ベニ層群」については「チャコ層群」と若干その性質が異なるところもあるが 記載の重複をさけるためここではふれないことにする。

一方 高原地帯は徐々に隆起したアンデスの東部山岳地帯と西部山岳地帯の中間に位置して深くせまい堆積盆地となり この両山岳地帯からもたらされる碎屑物質が堆積しているが この中には種々の凝灰岩を伴っており全体の層厚は12,000mに達している。

この地帯の中新世~鮮新世に属する「コロコロ (Corocoro) 層群」は火山性堆積岩を伴っている。この層群の下部層は「ウアイジャマルカ (Huayllamarca) 層」と呼ばれ 砂岩・砂質頁岩・礫岩からなり その層厚は6,000 mに達する。この上部に赤色の砂岩・頁岩・凝灰岩を主とする厚さ3,000 mの「トトラ (Totora) 層」さらにその上部に層厚3,000 mの砂岩・頁岩・凝灰岩からなる「クルセーロ (Crucero) 層」が発達する。「クルセーロ層」を覆う地層は主として 火山岩類からなる「ウマラ (Umala) 層」であるが これは上部鮮新統に相当するものと思われる。これらの詳細については別の項で述べることにする。

アンデス地帯の本格的な隆起運動は鮮新世の末期または更新世初期にあったと推定されているが 一部にはこの時期にすでに完了したとする見方もある (第13図参照)。

### (12) 第 四 系

更世新から現世にかけて 中央平原地帯のチャコおよ

「モロコ層」に続いて 平均層厚約200 mの湖成堆積物からなる「エウカ (Yeuca) 層」が堆積し その上部に厚さ 2,500 mの塊状栗色の砂岩 頁岩質砂岩および砂質頁岩からなる「グランデ (Grande) 層」がのっている。

この「グランデ層」の上部には 不整合関係をもって層厚700 mの「フフイ (Jujuy) 礫岩」が堆積しており 新しい堆積のサイクルを示しているが これは未だ新第三紀

第1表 ボリビアの層序表

層序	アルプス山脈およびチチカカ湖附近	アンデス地帯	亜アンデス地帯 北部およびベニ平原	亜アンデス地帯 南部	チャコ平原	東部ボリビア	備考
第四系	ワリ層タコ層	ピリバシノ層	イビリス層	キコ層	アフィ層	アスカロ層 ティンゲレ層	氷河作用 隆起運動
第三系	鮮新統 中新統	ワマラ層 カスルメ層 トトラ層 カクタク層	北部山岳部 カスルメ層 トトラ層 カクタク層	ワマラ層 カスルメ層 トトラ層 カクタク層	ワマラ層 カスルメ層 トトラ層 カクタク層	ワマラ層 カスルメ層 トトラ層 カクタク層	アルプス山岳運動 隆起運動
	古第三系	ムニヤニ層 ピケチ層 カタク層	ムニヤニ層 ピケチ層 カタク層	ムニヤニ層 ピケチ層 カタク層	ムニヤニ層 ピケチ層 カタク層	ムニヤニ層 ピケチ層 カタク層	
白亜系	上部白亜系	アルピキ統 アプト統	アルピキ統 アプト統	アルピキ統 アプト統	アルピキ統 アプト統	アルピキ統 アプト統	
	下部白亜系	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
ジュラ系	上部	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	ネバタ造山運動 喜望山岳地帯での 花崗岩類の貫入
	下部	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
三畳系	上部	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
	下部	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
二畳系	上部	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	陸化
	下部	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
石炭系	上部石炭系	ベンシルベ系	ベンシルベ系	ベンシルベ系	ベンシルベ系	ベンシルベ系	氷河作用 (ゴンドワナ系)
	下部石炭系	ミンシペ系	ミンシペ系	ミンシペ系	ミンシペ系	ミンシペ系	氷河作用
デボン系	上部デボン系	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
	中部デボン系	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
	下部デボン系	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	カクタク層	
シルリア系	ウェンロック統 ラドベリ統	ウェンロック統 ラドベリ統	ウェンロック統 ラドベリ統	ウェンロック統 ラドベリ統	ウェンロック統 ラドベリ統	ウェンロック統 ラドベリ統	クロニク造山運動
	カラドック統 ランディロ統	カラドック統 ランディロ統	カラドック統 ランディロ統	カラドック統 ランディロ統	カラドック統 ランディロ統	カラドック統 ランディロ統	
オルドビス系	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	
カンブリア系	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	
先カンブリア系	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	トドマック統	

第1表 ボリビアの層序表 ●含油層 (シユラッター・ネーデルロフ1966)

びベニ平原は第四系の堆積物により覆われ ベニ平原ではブラジル楕状地の基盤岩類の上に層厚が略1,000 mに達する第四系が直接のっているのが試錐の結果明らかとなった。 亜アンデス地帯では 広い谷を河川性の砂礫がうずめ さらに沖積土が各峡谷に存在している。

また 東部山岳地帯の北部では更新世の砂礫層の発達することが知られている。

一般に アンデス地帯ではアルプスと同じく4回のサイクルの氷河作用が存在したと考えられており 融氷流水堆積作用による砂礫層が東部山岳地帯および高原地帯東部に広く分布している。

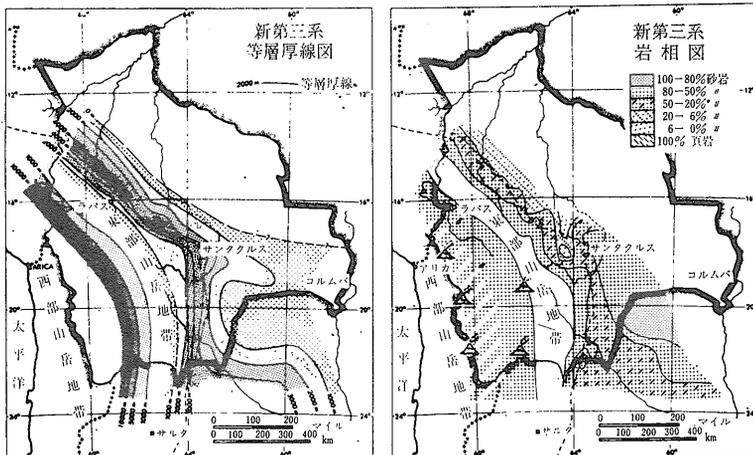
また 火山活動も第三紀中期から第四紀に引き続いており 火山物質がアンデスの広範な地域を覆っている。

高原地帯では 氷河期の末期に排水口の無い湖が形成され 淡水性および塩水性の湖成堆積物がもたらされたが これらの湖の名残りは ミンチン (Minchin)湖 ポーポ (Poopo) 湖およびコピーサ (Copisa) 湖に現在でもみられる。

以上でボリビアの地史の概略を時代別に述べたが これらをまとめると 第1表の層序表に示されるようになる。

紙数の都合上 今回はこれで筆をおくが 次回はボリビアの地質構造 火成活動および鉱床区について述べることにする。

(つづく) (筆者は 鉱床部)



第13図 新第三系の等層厚線図と岩相図