

南米アンデス地帯の地質と鉱床③

竹田 英夫

ボリビアの地質と鉱床(その3)

先に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たが(地質ニュース 224号) 今回は各種鉱床の説明に入ることにする。しかし その前に最近のボリビアの鉱業事情について簡単に述べることにしよう。

7. 鉱業事情

1969年9月 軍部のクーデターによる軍事政権が成立し 反米およびナショナリズムの路線に沿って 米系企業の国有化やソ連および東欧諸国への接近等が進められたが 1971年8月再びクーデターによる政権交代が起こり ウーゴ・バンセール(Hugo Banzer)大統領の下に積極的な外資導入がうち出され 国家と外国企業との合弁事業という形態で 産業開発を推進しようとしている。しかし この国の基幹産業である鉱業に従事する鉱山労働者はこの新政策を完全に支持しておらず 外資導入を積極的に進めようとする新政府は難局に立たされており 未だ不安定な政情下にあるようである。

これまでのボリビアの産業は金属鉱業がその中心であり 1969年には輸出総額約2億ドルの中 鉱産物がその84%を占めるといった状態にある。また 鉱産物としては 錫・銀・タングステン・アンチモン・銅・ビスマス・鉛・亜鉛等が主要なものであるが その中錫は最も重要な資源であり 鉱産額全体の60%を占めている。

1) 錫

錫の産出量についてみると 鉱山公社(Comibol-Corporación Minera de Bolivia) のカタビ(Catavi) 鉱山がもっとも多く 粗鉱出鉱量は月間7.5~10万トン品位は0.5~0.7%で 金属量にして年間約6,000トンを生産している。また 鉱山公社に属するセロ・リコ(Cerro Rico) ウアヌニ(Huanuni) およびコルキリ(Colquiri) 等の夫々の鉱山から 金属量にして年間約2,000トンの産出がみられる。一方私企業ではエステルサ(Estalsa S. A.) 会社が漂砂型錫鉱床を開発し 金属量にして年間1,300トンの錫を産出している。

最近 西ドイツのクロックナー・フンボルト(Klockner Humboldt) が建設したビントーオルロ(Vinto-Oruro) の新製錬所で錫地金の生産が始まり 1970年末の生産規模は年間7,500トンであったが 近い将来2~2.5万トンの規模にまで拡張される予定といわれている。この製錬所は 製錬公社(ENAF—Empresa Nacional de Fundición) によって運営されている。また コムスール社(Comsur) のティウア(Tihua) 鉱山では気化プラント(Volatilization plant) が建設され 操業実績が良好であるといわれ エスタルサ社の砂錫ドレージ用バケットラインも1970年を通じて稼動し 錫品位40~50%の精鉱が製錬公社に売鉱された。一方 ナショナリズムに伴う国有化の動きとして インターナショナル・メタル・プロセッシング社(International Metal Processing Corp.) の浮選および気化プラントが国有化された

第3表 ボリビア 鉱産物輸出(単位:mt)

金 属 種	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
錫	23,118	24,412	24,210	26,237	27,411	29,409	29,961	29,385
鉛	20,165	17,682	17,537	21,262	20,288	22,325	25,202	25,756
亜鉛	4,648	9,758	13,688	16,702	16,697	11,785	26,521	46,537
アンチモン	7,563	9,640	8,766	10,667	11,476	11,117	13,137	11,572
銅	2,994	4,681	4,731	5,701	6,342	6,350	8,013	8,853
タングステン	1,368	1,244	1,112	1,579	1,950	2,253	2,322	2,410
石膏	280	274	297	372	531	575	669	623
石灰	9,270	5,882	3,353	4,447	4,117	—	—	—
銀*	4,840,000	4,810,000	3,950,000	4,950,000	4,390,000	5,170,000	6,000,000	4,985,000
金*	153,050	268,000	94,314	86,982	55,069	55,069	25,000	50,000
カドミウム	—	—	5,740	2,376	—	—	—	68,724
水銀**	—	—	5,380	—	14,200	13,620	6,895	1,400
硫黄	—	—	9,455	57,461	50,303	35,429	36,219	16,312

* 単位: トロイオンス

** 単位: フラッシュ

ため この会社はカタビ鉱山の廃泥処理から手を引いたといわれている。

一般的にボリビアの錫鉱業は将来性に乏しいという見地から 探鉱活動は停滞気味であり また鉱山公社の錫生産価格は東南アジアのコストよりも上回るため 競争力が弱いといわれている。 これまでは 錫精鉱の大半が英国のウィリアムス・ハーヴェイ (Williams Harvey) 社に送られて製錬されてきたが 今後は大幅に国内製錬に切り変えられる傾向にある。

2) アンチモン

アンチモンに関しては この数年金属量にして1.1~1.3万トン産出してきているが この中エムーサ (Emusa-Empresa Minera Unificada) の生産が圧倒的に多く 全体の生産量の約40%を占めている。 アンチモンについても 現地に製錬所建設の動きがあり 地金を年間5,000トンおよびアンチモン合金1,000トンの生産が計画されている。

3) 銅

ボリビアにおける銅の生産量は年々増加してきており 1970年には銅量にして8,800トンに達した。 この中日東金属鉱業および同和鉱業が開発しているチャカリヤ (Chacarilla) 鉱山の生産量が第1位にあり 年間銅量にして2,628トン (1969年) を産出したが ボリビアの鉱業界では この鉱山のコングレッソ (Congresso) 鉱体の開発がトピックスの1つにあげられている。 また 鉱山公社に属するコロコロ (Corocoro) 鉱山でも 新鉱床が発見されて増産され 1969年には 銅量にして 約2,400トンの生産に達した。 これらの鉱山から産出された銅精鉱はアソシエテッド・メタル (Associated Metal) 社を通じて日本に輸出されている。

4) 亜鉛

亜鉛はボリビアにおいて最近もっとも増産のいちじるしい金属であり 1970年には前年に比べて金属量にして2万トン以上の生産の伸びを示している。 これはマチルデ (Matilde) 鉱山が稼動し 生産量が急増したことが原因となっている。 この鉱山の精鉱はパイプライン・鉄道・チチカカ湖の湖上輸送 再び鉄道によりペルーのマタラニ (Matarani) 港に送られ 日本に出荷されている。 マチルデ鉱山の開発については 数年前国際入札の過程で日本側が苦杯を喫したことがあり マチルデ鉱山会社 (Empresa Minera Matilde) の所属となったが 最近は国有化の動きに巻き込まれているといわれている。 また 最近ソ連の技術調査団により 2つの亜鉛製錬所

(合計能力40,000トン/年) の建設について検討が行なわれ 1つはマチルデ鉱山に近いビーチャ (Vicha) に 他の1つはポトシ (Potosi) に建設の予定である。

この他 鉱山公社は シエテ・スーヤス (Siete Suyas) アニマス (Animas) タスナ (Tasna) 等の鉱山の鉱石をテラマーヨ (Teramayo) の選鉱場に集め 年間金属量にして約4,000トン相当の精鉱を生産しており 一方私企業ではイリス金属鉱山会社 (Iris Mines & Metal S. A.) がポルコ (Porco) 鉱山等から年間4,000トン またタベル (Taver) 鉱山から約2,000トン (いずれも金属量) の亜鉛鉱石が産出されているが マチルデ鉱山以外は小規模のものが多く。

5) その他

ボリビアでは 亜鉛の増産に伴ってカドミウムの生産が増加してきている。 また 金はアンデスの東部山岳地帯の山麓で サウス・アメリカン・プレーサー (South American Placer Inc.) 社がドレッジを再開したため増産され ビスマスはテラマーヨに年間1,000トンの容量の製錬所が建設された。

上記以外の鉱種については それらの鉱業事情を鉱床記載の項でふれることにするが ボリビアの鉱業事情を概観したとき 政情の不安定もさることながら 立地条件の不利と鉱山の老朽化が本質的な問題として存在するように思われる。

8. 各種主要金属鉱床

1) タングステン鉱床

沿革 ボリビアでは 1875年コロルケ (Corolque) 鉱山で初めて鉄マンガン重石が発見されたが 生産が開始されたのは1908年で 当時タングステン精鉱が168トン出鉱された記録がある。 タングステン鉱山としてはカミ (Kami) およびマルガリータ (Margarita) (別名チャムビージャーヤ・Chambillaya) 等の鉱山の沿革が古く 第1次世界大戦 (1914~1918年) 中 大規模な採掘が行なわれ 1917年には2,334トン (WO_3) の生産量に達した。 当時はカミ チコーテ (Chicote) カラカラニ (Calacalani) チョフラ パクーニ (Pacuni) 等で盛んに採掘された。 また 1915年フリアーナ (Juliana) およびアセンシオン (Ascensión) のタングステン鉱床が発見されている。 第1次大戦直後 タングステン鉱物の生産はほとんど皆無となったが 1929年には再びその生産が978トンにまで回復した。 これは主としてコンデ・アウケ (Conde Auque) 地域からの産出によるものである。 第2次世界大戦中はタングステン鉱物の生産が急上昇し 1944年には 4,761トン (WO_3) の記録

が樹立された。この時に活躍した主要な鉱山としては チョフラ パクーニ チコータ タミニャーニ (Tamiñani) ビロコ (Viloco) フリアーナおよびタスマ (Tasma) 等があげられる。第2次大戦前後に発見された新しい鉱床としては 1928年にエスモラカ (Esmoraca) の鉱脈群 1941年ロウルデス (Lourdes) 鉱床があり 1950年にはカンデラリア (Candelaria) 鉱山の灰重石鉱脈がある。第2次大戦後 タングステン鉱物の生産は低下したが 朝鮮戦争によって再び回復し その当時多くの鉱山会社はアメリカと好条件で契約を結び 生産量が増大した。1957年この契約期間の終了後 生産はいちじるしく低下したが これは多くの鉱床の採掘が終了し さらに各鉱山において 高品位部の採掘完了に伴う品位低下を招いたことに原因している。例えば パクーニ 鉱山では 1942年当時の粗鉱採掘品位が 4.9% (WO_3) であったものが 1955年には 1.2% にまで低下しており 1960年以降のボリビアの大半のタングステン鉱山の採掘品位は 1%前後となっている。

1968年 当時のタングステンの生産量は 2,283 トン (WO_3) であるが その主要な鉱山の産出量は次の通りである。

チョフラ 鉱山	1,063トン
カミ 鉱山	247トン
サン・ホセ・デ・ボルケ (San José de Borque)	43トン

また 多少データは古いが 1960年の鉱山公社の統計による主要鉱山の埋蔵鉱量は 次を示す通りである。

鉱山名	埋蔵鉱量(トン)	品位(% WO_3)
パクーニ	43,800	0.83
ビロコ	78,400	1.45
ボルサ・ネグラ	103,900	0.84
カミ	70,200	1.06

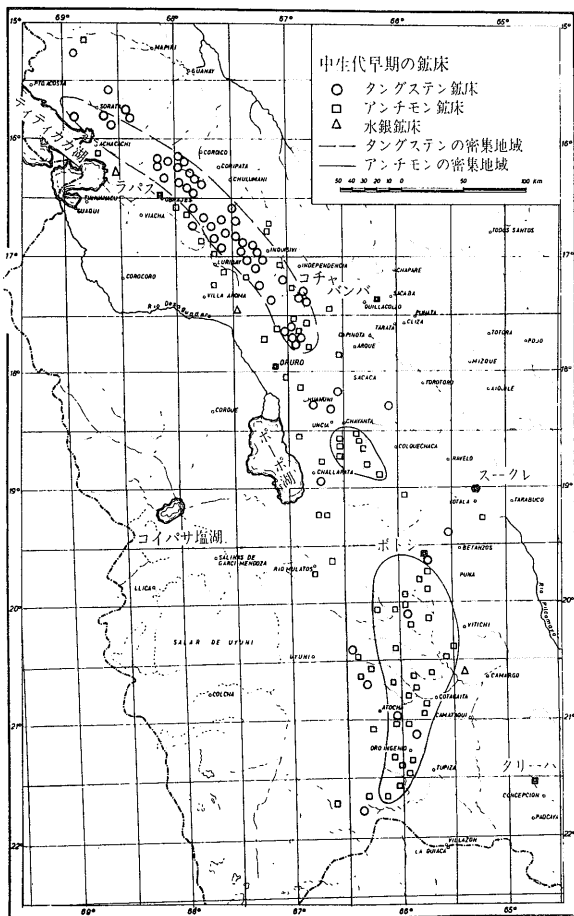
上記の他 埋蔵鉱量は正確に示されていないが 重要なタングステン鉱山であるチョフラおよびチコータ鉱山では 巨大な鉱量の崖錐鉱 (Llampera) の存在が知られている。これまでのボリビアのタングステン鉱業の沿革を見た場合 タングステン鉱石の生産の消長が戦争と如何に密接に結びついているかを如実に示しており 従来の植民地的収奪方式の鉱山経営に支配されてきたかの感がある。このような背景が資源の国有化に走らせる結果を招いた一因ということも可能であろう。

鉱床 ボリビアのタングステン鉱床は次のように分類される。

- A. 中生代早期の鉱床
 - (1) 深熱水性鉱床
 - (2) 浅熱水性 (一部中熱水性) 鉱床
- B. 第三紀の火山底鉱床
- C. 現世の崖錐鉱床

- A. 中生代早期の鉱床
 - (1) 深熱水性鉱床

ボリビアにおける深熱水性鉱床に属するタングステン鉱床からの鉱石の生産量は全体の85%を占めている。これらの鉱化作用の時期は錫の鉱化期よりも早く タングステン鉱物と錫鉱物が同時期に晶出するケースはほとんどみられない。一部の鉱床では 同一鉱脈中にタングステンおよび錫鉱物が同居することはあるが これは先行したタングステン鉱化作用に錫鉱物が後期に重複して晶出した結果生じたものとみなされる。



第20図 ボリビアにおけるタングステン アンチモンおよび水銀鉱床分布図

第4表 ボリビアタングステン鉱床の鉱物共生関係(アルフェルト 1964)

鉱床のタイプ	山名	長石	白雲母	電気石	石英	灰重石	鉄マンガン重石	硫砒鉄鉱	磁硫鉄鉱	黄鉄鉱	錫石	輝砒鉛鉱	自然蒼鉛	黄銅鉱	黄錫鉱	閃亜鉛鉱	方鉛鉱	磷灰石	螢石	菱鉄鉱	マンガン重石	鉄重石	輝安鉱	重晶石	アンケライト	ドロマイト	玉ずい質石英	アラゴナイト	カオリン	
浅熱水性鉱床	マルガリーニャス				●					×												○	●	○			×	×		
	パラグイ				●					○													○	○	○			×	×	
	カラカラニ				●					○													○	○	○			×	×	
	レケバルカ				○					○													○	○	○			×	×	
	ラ・ボン				○					○													○	○	○			×	×	
	フリアナ			×	○					○													○	○	○			×	×	
	アセシオン				○					○													○	○	○			×	×	
	サンタ・イサベル				●					○													○	○	○			×	×	
	キムサコーヤ				●					○		×											○	○	○			×	×	
	アンヘレス			×	●					○													○	○	○			×	×	
ラ・インディア				●					○													○	○	○			×	×		
深熱水性・中熱水性鉱床	錫を伴わない鉱床																													
	ロウルデス	×			●	○	○	×	×	×				×		×	×	×												
	ボルサ・ネグラ		×	×	●	○	○	×	×	×				○		×	×	×	×											
	ビロコ	○	×	×	●	○	○	×	×	×				○		×	×	×	×											
	チャンビジャーヤ		×	×	●	○	○	×	×	×				○		×	×	×	×											
	アムタラ		×	×	●	○	○	×	×	×				○		×	×	×	×											
	チコーテ		×	×	●	○	○	×	×	×				○		×	×	×	×											
	錫を伴う鉱床																													
	ウクマリーニ			×	○		○	×	×	●				○		×	×	×	×											
	コンソリデーテッド	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○			○		×	×	×	×											
アセーロマルカ		×	×	●	○	○	○	○	○				×		×	×	×	×												
アンディーナ		×	×	●	○	○	○	○	○				×		×	×	×	×												
チヨフ	×	×	○	●	○	○	○	○	○				×		×	×	×	×												
ウラニア			○	○	○	○	○	○	○				×		×	×	×	×												
セロ・ネグロ		○	○	○	●	○	○	○	○				×		×	×	×	×												
パケニ	○	○	○	○	○	○	○	○	○				×		×	×	×	×												
カス	×	×	×	○	○	○	○	○	○				×		×	×	×	×												

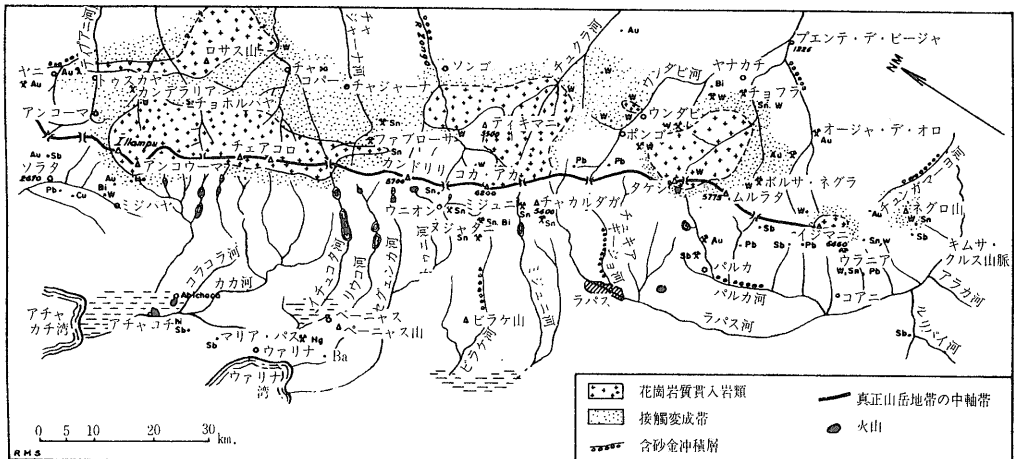
●...多量 ○...少量 ×...稀

一般にボリビアでは タングステン鉱床の形成は一連の岩漿分化作用の過程の中 花崗閃緑岩—モンゾニ岩の貫入時期に相当し 錫鉱化作用はカリ質花崗岩の活動に関係している。 真正山岳地帯において 大規模の隆起運動により中生代早期に活動した深成岩類が地表に露出

するが これらの深成貫入岩体の東側にタングステン鉱床が多い傾向がみられる。

ムニエカス山脈 (Cordillera de Muñecas) 地域

この地域には アマレテ (Amarete) 高地のグラン・ポ



第21図 真正山岳地帯の地質概略図

デール (Gran Poder) 鉱山とアヤンクーナ (Ayancuna) 山の東麓にあるテレサ (Teresa) 鉱山の存在が知られている。これら両鉱山付近には花崗岩体の露出はみられないが石英斑岩の岩脈が多く分布する。テレサ鉱山の鉱床は古生代に属する粘板岩中の鉱脈で石英・鉄マンガング重石・黄銅鉱・硫砒鉄鉱および黄鉄鉱等からなる。

ソラタ (Sorata) 底盤地域

真正山岳地帯のタングステン鉱床は中軸部を構成する底盤状貫入岩体 およびこれに伴う岩株に關係して生成されており ソラタ地域では貫入岩体の北端に重要なタングステン鉱床が存在している。

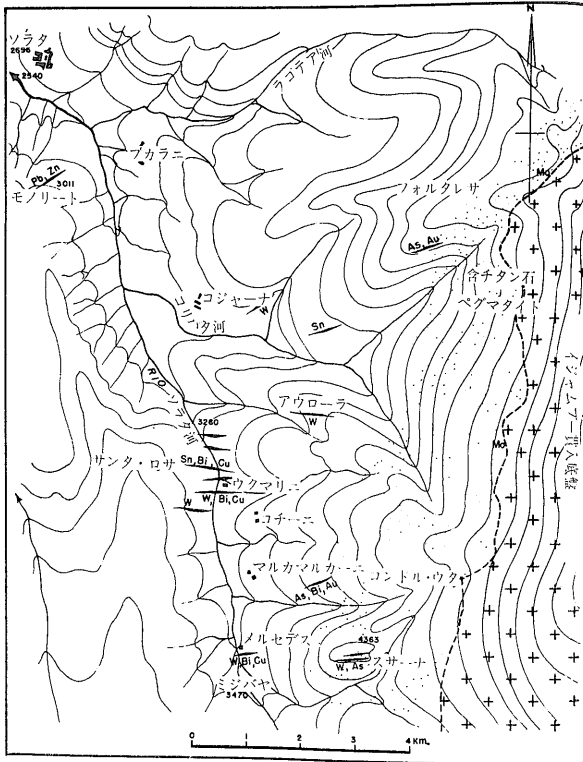
この付近は第四紀の氷河作用の中 第3間氷期頃にソラタ河の浸食作用により 高底差3,000 mに及ぶ峡谷を形成し 底盤の貫入接触關係が良く観察される。万年雪をいただくアンコウマ (Ancochuma) 山の西斜面を深く浸食したソラタ河流域には ミジパヤ (Millipaya) からソラタまでの間にモリブデン・タングステン・錫・砒素・金・チタン・鉛・亜鉛およびアンチモン等の鉱脈群が分布し 異なった鉱化作用が帯状分布を示している。すなわち ミジパヤの東北東の接触帯では 輝水鉛鉱・金紅石・チタン鉄鉱の鉱染を伴う岩枝状の花崗閃緑岩が存在し また接触帯の近くでより低い位置にある マルカ

マルカーニ (Marcamarcani) では レリンジャイト・含金蒼鉛・テトラディマイトを含む鉱脈がみられる。マルカマルカーニの南東にあるスサーナ (Susana) 鉱山は電気石に富む接触變成帯中にあり この鉱床は石英・硫砒鉄鉱・鉄マンガング重石の鉱脈から成る。スサーナ鉱山から900 m下位の高度3,400 mのソラタ河の河床に位置するメルセデス・デル・イジャムプ (Mercedes del Illampu) 鉱山の鉱床はデボン系の雲母質粘板岩中に胚胎する鉱脈で その走向傾斜は東西で垂直を示している。鉱脈の走向延長は約200 mで 鉱石の65%が黄銅鉱・黄鉄鉱・硫砒鉄鉱および少量の閃亜鉛鉱・輝着鉛鉱等の硫化鉱物から成り 30%が石英 2~4%が鉄マンガング重石という割合になっており この他赤鉄鉱・菱鉄鉱・電気石および緑泥石等が少量伴われる。一般に鉱石は塊状鉱を主とするが 一部角礫状鉱もみられ 鉱脈が相当厚い不毛石英脈によって切られる部分も観察される。本鉱山は1928年に発見されて以降 相当多量の鉱石が採掘されてきたが 現在は休山中である。ミジパヤから下って高度2,500~3,200 m付近にウクマリニ (Hucumarini) 鉱山があるが この鉱山の鉱脈は蒼鉛を主とする。

ミジパヤの北北東に当るイジャンプ (Illampu) 山の北斜面のティプアニ河 (Rio Tipuani) の支流のアンコマ河 (Rio Ancoma) および分水嶺に近いココ (Cooco) 付近には別のタングステン鉱化帯が存在する。この付近は西側にソラタ底盤が露出し 東側はヤニ (Yani) とロササニ (Rosasani) の間で デボン系に属する粘板岩が南東方向に分布する。アンコマとココ間ではいちじるしく褶曲したデボン系は N48°W の褶曲軸を伴う背斜構造を示し この軸部に沿って断層帯が存在する。また この付近は變成度が上昇し 磁鉄鉱および輝石を伴う結晶片岩もみられる。

この褶曲軸付近に コンソリデーテッド (Consolidated) およびカンデラリア (Candelaria) 鉱山があり これらの鉱脈は層理と平行に N45°~60°W 方向に延びている。コンソリデーテッド鉱山のアンディーナ (Andina) およびアチャカチ (Achacachi) 鉱脈群は延長方向に1,000 m連続し その幅は0.6~3 mと変化する。鉱化作用の内容としては 電気石を伴う白色石英脈中に白色 紅色黄色の灰重石が不規則に分布する。

コンソリデーテッド鉱山の南東1,800 m コーコ峡谷の西斜面高度4,800 mの地点にカンデラリア鉱山がある。この鉱山の鉱床は露頭が転石に覆われていたため 1950年に初めて発見された。この鉱床の母岩は低變成度の砂質片岩から成り この中に N48°W 方向の6本の主要な平行脈が存在し これらと斜交する細脈もみられる。脈幅は15~60 cm で 鉱脈は塊状の白色石英と白色灰重



第22図 ミジパヤソラタ地域の鉱床分布図

石から成り 鉱脈付近の断層粘土中にも灰重石が存在する。その他 長石・白雲母・黒雲母および比較的粗粒の錳石が少量認められるが 電気石は伴われていない。これらの鉱脈の平均品位は3~5% WO₃で 鉱化作用は露頭から下部に300 m以上続いている。真正山岳地帯の北部地域での主要な灰重石鉱床の1つとしてあげられる。

コーコ河の南東に分布するデボン紀の堆積岩中には 灰重石・鉄マンガン重石および錳石を伴う多数の石英脈が存在することが知られているが これまでにボルサ・ネグラ(Bolsa Negra)鉱山のチョホルパヤ(Chojolpaya)シラサニ(Silasani) およびチョフレア(Chojlea)等のごく一部の鉱脈が開発されたに過ぎない。チョフレア鉱床の東にあるウマラ(Umala) 鉱床では 灰重石を産出した。ティプアニ河とチャジャーナ河(Rio Challana)の間にあるリピーチェ(Lipiche)の花崗岩の接触帯では 灰重石の他リシア輝石と少量のコロンバイトを伴うペグマタイト脈の存在が知られている。しかしながら コーコ河の南東地帯は交通がきわめて不便であるため 未だ調査が充分行なわれていない。

チュクラ(Chucura) 底盤 地域

この地域の調査はこれまで充分実施されていないため 詳細は不明であり 第23図に示した貫入底盤も単にその外形を示したに過ぎない。このチュクラ底盤は南西部がアイジャコ(Aillaco) 山を通る構造線によって境され ソンゴ河(Rio Zongo) 流域にみられる種々の結晶片岩が捕獲岩として貫入岩中に存在する。結晶片岩類はデ

ボン系に属し 片理面は直立しており 万年雪に覆われるティキマニ(Tiquimani) 山の頂上付近に これらの上部が露出することが遠望されるが 垂直壁のため調査は不可能である。この貫入底盤の北側にあるコスカパ河(Rio Coscapa)および南側のウンダビ河(Rio Undavi)は断層に沿って発達した峡谷である。

主要なタングステン鉱床は貫入底盤の南東部に集中している。すなわち ウンダビ河の断層帯付近まで接触変成作用が及んでいるが この北側に小規模の片麻状花崗岩体が存在し その周囲にタングステン鉱脈が分布する。

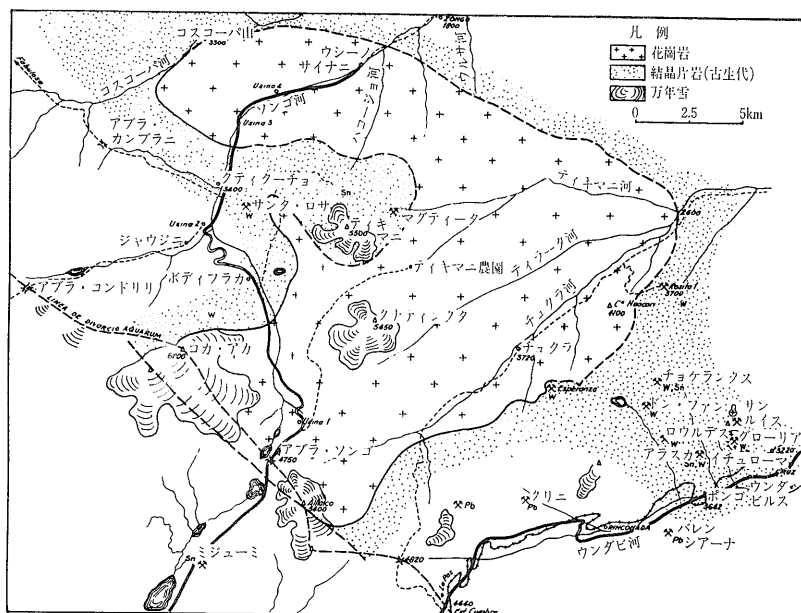
ロウルデス(Lourdes) 鉱山は ポンゴ(Pongo)の北方2 km 標高4,200 mに位置し この鉱床は1941年に発見された。母岩は縞状の結晶片岩で その走向はN50°Wを示している。鉱床は緩傾斜のマント型鉱脈であり 地表での露頭は約60m連続している。鉱脈中の主要鉱物は白色石英・鉄マンガン重石・灰重石から成り 鉄マンガン重石と灰重石は略々等量含まれている。灰重石はまた粘土帯中の緑泥石に伴うこともあり 鉱脈中では灰重石が鉄マンガン重石を交代している。硫化鉱物として磁硫鉄鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱が石英脈中に鉱染し 燐灰石がしばしば認められる。ロウルデス鉱山では 14% WO₃の高品位鉱を産出したこともあったが 現在は休山中である。

サン・ルイス(San Luis) 鉱山は ウンダビの岩枝状花崗岩の北側に位置する。

母岩はホルンフェルスで この中に種々の方向の鉱脈が存在する。鉱脈中には石英・黒色電気石・長石・白雲母・灰重石・鉄マンガン重石・硫酸鉄鉱・黄鉄鉱・磁硫鉄鉱等が認められる。この鉱山付近には 白雲母花崗岩の岩脈が多い。

タケシ(Taquesi)―ムルラタ(Mururata) 底盤 地域

この地域もまた地形が険阻で交通もきわめて不便のため 調査が不充分で タケシ貫入底盤の外形すらも未だ確認されていない。タケシ底盤に伴う鉱化作用の特性としては



第23図 チュクラ底盤付近の地質図

錫に乏しくタングステンに富む傾向がみられ、ボリビアの重要なタングステン鉱床であるラ・チョフラ (La Chojlla) リリアナ (Liliana) レコンキスターダ (Reconquistada) およびボルサ・ネグラ (Bolsa Negra) 等が存在する。

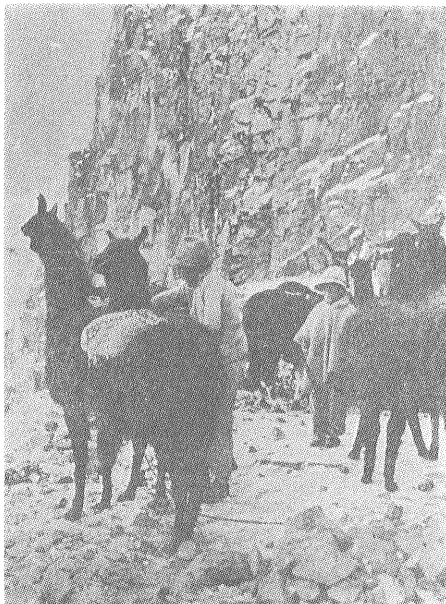
アセーロマルカ (Aceramarca) 鉱山は ウンダビ河の支流のアセーロマルカ河の分水嶺に近い高度 4,900 m の地点に位置する。鉱床は 底盤の軸部付近に分布する電気石を含むホルンフェルス中にあり この付近は地層が水平に近いドーム状構造を示している。鉱脈は母岩の構造に調和して 略水平か若干の傾斜を示し 脈幅は数 cm から 50 cm 程度で 鉱脈中には石英・鉄重石の他少量の磁硫鉄鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱を伴い 黄色の美しいピラミッド状結晶を示す灰重石も晶出する。

ボルサ・ネグラ鉱山は 貫入岩体から水平距離にして 約 1,200 m 離れた地点に位置する。鉱床は接触変成帯中にあり 母岩の粘板岩は略水平の層理を示し 層序的には粘板岩層の中間付近にある厚さ60mの石英脈に富むホルンフェルス中に鉱床が胚胎する。この厚さ60mのホルンフェルス中に26の鉱脈が数えられるが これらはいずれもマント型に属し 脈幅は数 cm から 50 cm 程度で膨縮がいちじるしい。鉱化帯全体の水平延長は 約 1,000 m に達する。鉱脈中にはときに晶洞を伴い 白色石英・磁硫鉄鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・鉄重石および灰重石がみられ 稀に螢石を伴うことがある。灰重石に

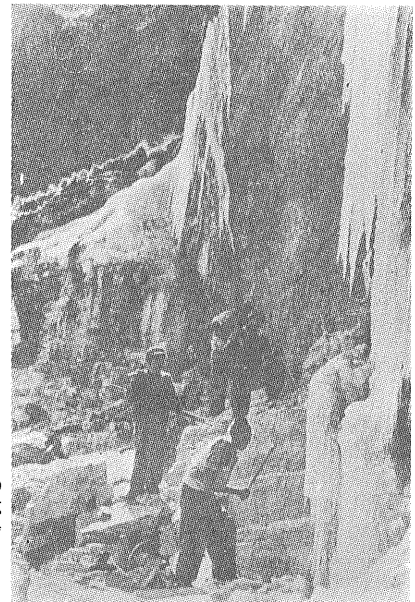
は2種類あり 鉄重石を交代した紫色のものと より後期に晶出した黄色のものがある。この鉱山は第1次世界大戦中ネバダ (Nevada) 鉱山と呼ばれたことがあり 現在は鉱山公社の所属となっている。

上記のマント型鉱床の他 タケシの峡谷には別のタイプの鉱床が存在する。これらは張力裂罅に伴う鉱脈でその走向は東西 傾斜は垂直を示し 花崗岩から粘板岩にかけて約 2 km の間に分布する。鉱脈の幅は10~120 cm で 花崗岩中のものは鉱脈周辺部が白雲母および黒色の電気石を主とするグライゼン化作用を受けている。鉱脈は電気石・黄鉄鉱・鉄マンガン重石・灰重石・錫石を伴う石英から成り 鉄マンガン重石に富む富鉄体が形成されることもある。アンディーナ (Andina) およびサン・フランシスコ (San Francisco) 鉱山の鉱床はこの型に属するが 以前には盛んに採掘されたことがあり 現在は廃山となっている。これは富鉄体が余り深部に続かないためと推察される。

ヤナカチ (Yanacachi) 地区：ムルラタ貫入底盤の上のループペンダントを構成するホルンフェルスは 北北西—南南東方向の断層帯に沿って西側に急傾斜し また底盤の東斜面上に広く分布する。底盤の貫入形態は全体としてキュボラ状を呈するが この貫入時期は K/Ar 法により $199 \times 10^6 \sim 183 \times 10^6$ 年であることが確認された。また 貫入岩体は花崗閃緑岩→アダメライトの岩漿分化を行ない 最後はカリに富む花崗岩が形成されている。これらの貫入状態は閃緑岩からアダメライトまでは 周



写真⑥
エスペランサ鉱山の鉄
マンガン重石の原鉱の
運搬 (動物はリヤマ)。



写真⑦
ボルサ・ネグラ鉱
山の採掘現場

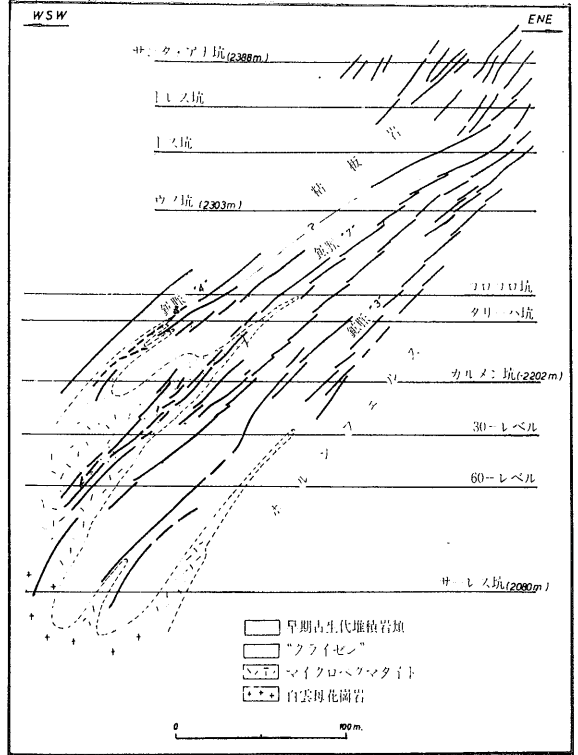
圃の堆積岩類の構造と調和するが 最終時期のカリ質花崗岩はホルンフェルス中に舌状の貫入を行なっている。この非調和の舌状貫入岩体はチョフラ鉱山の坑内で 延長1,000 m 幅100 m 垂直距離200 mにわたり観察される。舌状分岐部の先端は錫石・トパーズ・電気石・絹雲母を伴う細粒ペグマタイトまたはグライゼンに移化する。一方古生代下部に属する珪質堆積岩類は 下部から上部に向かって紅柱石ホルンフェルスから雲母質珪岩に移化し 動力変成作用も上部で弱くなり また細粒ペグマタイトの貫入により電気石化作用を受けている部分もみられる。

底盤の貫入接触面から東方向約8 km の地点に ボリビアでは最も重要なタングステン鉱床であるラ・チョフラエンラマダ (Enramada) リリアーナ ピーチュ (Pichu) 等が存在する。この付近は高度3,500 mのピーチュ山から高度1,500 mのタケン峡谷までの間に 北北西—南南東方向の平行な2帯の鉱化帯が2.5 km 連続しており これら両鉱化帯の間にあるカントウタニ (Cantutani) 地区 (高度2,800 m) は未だ充分探鉱されていないが 鉱徴地が存在する。また 近年ラ・チョフラ鉱山の東2.5 km の地点でタングステン鉱脈の 露頭が発見され 上記の鉱化帯に平行な第3の鉱化帯の存在が明らかとなった。

鉱化作用の構造規制としては 底盤の伸びた方向に平行な北北西—南南東の広域的な片理面から派生した裂罅が主要な役割を果たしており この裂罅はホルンフェルスの硬化帯 (rigid zone) から上部の結晶片岩にまで及ぶが 結晶片岩中では片理面に沿った滑り面に変化する。このため 裂罅帯中に胚胎した鉱脈と細粒ペグマタイトは 走向断層によって移動し 一部階段状構造を呈する部分もみられる。チョフラ鉱山の下部では 鉱化帯にさらに後期の断層運動が重複している。この鉱化帯は第三紀末に生じたN15°E方向のチョフラ断層とN70°W方向のノルテ (Norte) 断層による垂直の落差のため 南東方向にステップ状に落ちる3つのブロックに分けられる。

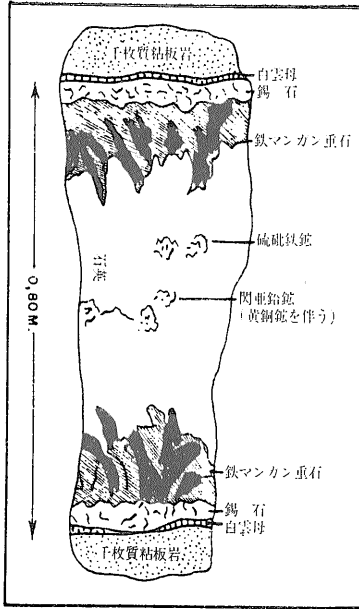
チョフラ鉱山の中間レベルでは 7条の主要な鉱脈が存在し 脈幅は1.4 mに達するところもある。鉱脈はN35°W方向に伸び 傾斜は平均65°SWを示すが 下部から上部に向って分岐して細脈となり 方向も東西に変わり 傾斜も45°となる。また 中間レベル付近で雁行状に並ぶ鉱体の延長は100~250mであるが これらは上部でもまた下部でも劣勢化する傾向がみられる。

鉱脈は一般に90%が石英から成り 鉱脈の構造は明らかに裂罅充填であることを示しているが さらに後期の



第24図 ラ・チョフラ鉱山の花崗岩貫入岩類とタングステン・錫鉱脈の関係(断面図)

鉱化作用によって 再び開かれた割れ目を充填したと解釈される。早期の鉱化作用は石英・鉄マンガン重石・電気石・硫砒鉄鉱から成るが 上部では硫砒鉄鉱の代わりに黄鉄鉱が晶出し 鉄マンガン重石が鉄重石に移化する。また 下部でタングステン鉱脈が錫を含む細粒ペグマタイト中にとりこまれて 非常に複雑な鉱化作用を示している。この細粒ペグマタイトは早期のグライゼン化作用により 黄玉・電気石・螢石・リシア雲母が晶出し 後期の熱水作用を受けて曹長石・絹雲母を伴うがさらにニオブを含む黒色の錫石の鉱染もみられる。また 細粒ペグマタイトの先端部は 錫・蒼鉛・銅・鉛・亜鉛・銀等の鉱化作用が集中し すでに存在していた鉄マンガン重石・硫砒鉄鉱・黄鉄鉱等と反応して サンマルティナイト (含亜鉛鉄マンガン重石)・硫砒鉄鉱・灰重石を晶出する他 錫石・黄錫鉱・輝蒼鉛鉱・ガレノビスマタイト・キューバ鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱・黝銅鉱・方鉛鉱を伴っている。上部のレベルでは アンチモンおよび錫を含む鉱液とタングステン鉱脈は反応して ベルチエライト・グードモンタイト・ウルフスベルジャイト等が灰重石と共生する。錫石は下部レベルで結晶内部に黒褐色の帯状構造が認められ 気成作用と熱水作用が交互に繰返したことを示唆しているが 上部レベルで



第25図
ラ・チョフラ鉱山
脈「4」のサンプル

は錫石中に帯状構造が認められず 黄色～紅色の均質な結晶となっている。

黄鉄鉱の磁硫鉄鉱化およびその他の鉱物共生関係からみて 早期のタングステン鉱化作用と後期の錫鉱化作用の間には 374°Cから573°Cまで温度が上昇した可能性があげられる。 鉱化作用の絶対年代測定では 鉱脈に伴う白雲母の K/Ar 法による値は 183×10^6 年であり 鉛を用いた値は 179×10^6 年で 両者の間に余り差は無い。

ラ・チョフラ鉱山の-60～-90mレベルで タングステンと錫の品位はいちじるしく落ちるが このレベルは露頭から垂直にして約500m下位にあり 恐らく鉱脈の下底に達したためと思われる。

この鉱山はインターナショナル鉱山会社に属し 粗鉱品位は 1.7% ($WO_3 + Sn$) で 鉄マンガン重石と錫石の比率は略 3:2であり 40% WO_3 と27% Sn の精鉱を出荷している。 この他 エンラマダおよびリアーナ鉱山も同社に所属している。 1968年におけるラ・チョフラ鉱山の産出量は 1,067 トン (WO_3) で ボリビアではもっとも重要なタングステン鉱山である。

セロ・ネグロ (Cerro Negro) 地域

本地域には北側にチュガマーヨ河 (Rio Chugamayo) 南側にラパス河 (Rio La Paz) が存在し その間にピラミッド状のセロ・ネグロ山 (標高 4,850 m) がそそり立っている。 この山は北西のムルラタ底盤と南東のキムサ・クルス (Quimsa Cruz) 底盤を結んだ線上に位置する。 この付近は電気石を伴うホルンフェルスから成り

その下部に貫入底盤の潜在することを示しており このホルンフェルスの中央部にタングステン鉱床が存在し セロ・ネグロの両斜面にまたがって分布する。 またこの山の麓に当る低地帯にも タングステン鉱脈およびタングステン・錫を伴う岩脈が局所的に存在する。

未だ調査が 充分実施されていないライカコージョ (Laicacollo) 山の西側には 千枚岩中に $N40^\circ \sim 60^\circ E$ 方向の扇状に分布する鉱脈群が知られている。 これらの鉱脈は 結晶形を示す鉄重石を伴う石英脈で 露頭延長は約 1,000 m 脈幅は 10~25 cm であり フローレス (Flores) アギレ (Aguirre) コノ (Cono) 等の鉱脈の品位は 2~5% WO_3 である。

この他 トレス・エルマーノス (Tres Hermanos) 鉱山では露頭延長が約 500 m で その走向・傾斜は $N45^\circ W \cdot 75^\circ NE$ を示し 脈幅は約 50 cm で 鉄重石・錫石の他磁硫鉄鉱・閃亜鉛鉱・白雲母・螢石を伴う。 またこの山の北東斜面には錫石を伴う鉱脈が多数存在する。

このように セロ・ネグロ地域には広範な鉱化作用が存在するが 交通は不便でその上湿気が多く 常に霧に包まれており これら鉱脈の開発を困難にしている。

イジマニ (Illimani) 地域

高度 6,460 m のイジマニ山はサハマ (Sajama) 山に次ぐボリビアの高峯であり 貫入底盤の中心より西側に位置する。 この付近は地形図も地質図も未だ作製されていない。 イジマニ山の北側の頂上から氷河盆地にかけて約 6×3 km の範囲に花崗閃緑岩の露出がみられ 一方デボン系に属する変成岩が南側の頂上と斜面の稜線に分布する。 また 花崗閃緑岩および斑岩の多数の岩脈が山の斜面に存在することが知られている。

貫入底盤をなす花崗閃緑岩体中には鉱脈は存在せず すべての鉱脈は クアトロ・エルマーノス (Cuatro Hermanos) の錫鉱脈と同じく 接触変成帯および花崗岩質岩脈中に胚胎される。 タングステン 錫 鉛 アンチモンを伴う鉱脈群が貫入底盤の周囲をとりまくように分布するが タングステン鉱脈中唯一の主要なものは ウラニア (Urania) 鉱山の鉱脈である。

この鉱山は高度 3,900~4,200 m に位置し イジマニ山の南頂上の斜面にある氷河盆地中に存在する。 花崗閃緑岩の貫入接触面は高度 5,300 m 付近にみられ 鉱山の宿舎の上部に斑状花崗閃緑岩の小規模の岩株が露出する。 また 石英斑岩の岩脈もこの周辺に多く 鉱脈を切ったり 逆に切られるという関係が観察される。 鉱脈は延長 100 m で 走向 $N30^\circ E$ 傾斜 $45^\circ SE$ を示し 北東および南西部は断層によって切られている。 鉱脈の幅は最大 5 m に達し 一般に塊状鉱を主とするが 一部角礫

化したものもある。

鉍石鉍物は鉄マンガン重石・灰重石・錫石・磁硫鉄鉍・黄鉄鉍・硫砒鉄鉍・閃亜鉛鉍・黄銅鉍から成り 脈石鉍物として石英および電気石を伴う。鉄マンガン重石と灰重石は磁硫鉄鉍中で自形を呈し 錫石は磁硫鉄鉍および石英中に鉍染するが その結晶粒は非常に微細である。鉍脈の平均品位は2.48% WO₃で 灰重石の方が鉄マンガン重石より多い。また 錫の品位は1.35%である。ベヌス (Venus) 鉍体では黒色の灰重石がみられる。これは一部鉄重石により交代されているためである。ウラニア鉍山は第2次大戦中開発計画が立てられたが 鉍化作用の内容が複雑であったため 開発に至らなかった。

キムサ・クルス山系 (Cordillera Quimsa Cruz) 地域

この山系の中核部に巨大な底盤状貫入岩体が存在し この周囲にタングステン 錫 鉛 アンチモン 金等の鉍化作用がみられる。錫の鉍化作用が優勢な西側の貫入接触帯ではタングステン鉍化作用は弱く 主要なタングステン鉍床としてはピロコ (Viloco) およびパクニ (Pacuni) の2鉍床があるに過ぎない。一方東側の貫入接触帯ではサーヤ (Saya) からキメ (Quime) にかけて多数のタングステン鉍脈が分布する。

ピロコ 鉍山 付近では タングステン鉍脈と錫鉍脈は離れて存在する。一般に前者は貫入接触面に近接しており 後者は貫入接触面から相当の距離をおいて分布する傾向がみられる。トラス・クアレンタ (Tras Cuarenta) 周辺では 走向 N45°~60°E で直立した鉍脈群が存在し この中の1鉍脈はモカーヨ (Mocayo) とピロコの両峡谷の分水嶺付近の高度5,000 mの位置に露頭がみられる。この付近の底盤の接触面は小規模の盆状を示し その中に岩枝状花崗岩が分布し これに輝水鉛鉍の鉍染が伴われる。

No.1 一鉍脈は岩板状花崗岩付近のホルンフェルス中に胚胎し 走向 N30°E 傾斜60°~75°SEを示す。鉍脈の水平延長が120 m 脈幅は0.10~1.60mと変化がいちじるしく 露頭より下部250 m付近で貧鉍化する。鉍脈の上部は硫砒鉄鉍・鉄マンガン重石および少量の灰重石を伴う石英脈から成るが 下部では暗青色の電気石が多くなり 一部では鉍脈の90%を電気石が占めることもある。鉍脈は小規模であるが 非常に高品位のタングステン鉍石を産した。

No.1 一鉍脈の南に約12本の鉍脈が分布するが これらは貫入接触面に直角の張力裂罅に相当し 毛鉍を伴う少量の鉄重石が晶出するが 鉍化作用は弱い。

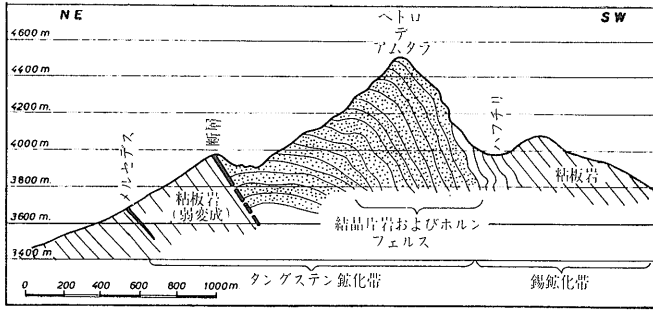
ピロコ鉍山はアラカ錫会社 (Empresa Estañifera de Araca) により 1939年以降採掘され 全体で約1,000トン (WO₃) を産出した。

パクニ 鉍山 は 底盤の南部に位置し カラコーレス (Caracoles) 地区にある。この鉍山には幅160 mの間に4本の鉍脈があり いずれも花崗閃緑岩中に胚胎する。鉍脈の走向は N20°E 傾斜75°~85°NW であるが 下部では緩傾斜となり 鉍脈は分岐して貧鉍化する。これら4本の鉍脈中 プランカ鉍脈 (Veta Blanca) のみが地表で露頭がみられ 水平延長300 m 垂直距離180 m 脈幅60 cmの規模を有する。他の鉍脈の脈幅はプランカ鉍脈よりせまい。また タングステン鉍化作用よりも後期に形成された錫鉍脈がこれらのタングステン鉍脈を切るところが観察される。これら4本の鉍脈の鉍化作用の性質は類似しており 緑泥石・石英・鉄マンガン重石・灰重石・錫石・硫砒鉄鉍・黄鉄鉍および燐灰石から成る。パクニ鉍山はボリビアの重要なタングステン鉍山の一つであり 1915年以降4,000トン (WO₃) 以上を産出しており 採掘当初は12% WO₃ 2% Snの高品位鉍を産した。現在は鉍山公社に所属している。最近この鉍山の北にあるアチャパクニ (Hachapacuni) で優勢な錫鉍脈が発見されている。

パクニ鉍山の南東では 貫入底盤は幅1,000 mの帯状分布を示し ポンゴ (Pongo) 山脈を形成する。この付近では 錫石・鉄マンガン重石・方鉛鉍等の時期的に異った鉍化作用がみられる。鉍化帯の南端にあるエクサルタシオン (Exaltación) 鉍山では 電気石を伴うホルンフェルス中のせまい割れ目に鉄マンガン重石が晶出し 網状鉍脈を形成する。

上記の鉍床はキムサ・クルス底盤の西側にあるが 東側の貫入接触面付近のタングステン鉍脈群の一部は ナランハニ (Naranjani) 山の麓からアグア・カリエンテ河 (rio Agua Caliente) まで約4 kmの範囲に分布する。これらの鉍脈群は貫入接触面にほぼ平行で 走向 N45°~60°W 傾斜40°~60°SWを示す。この付近にはベルセポリス (Persepolis) パクニ・チコ (Pacuni Chico) アグア・カリエンテス (Agua Calientes) ラ・グータ (La Guta) 等の鉍山が存在する。一般に 鉍脈は石英・鉄マンガン重石・灰重石・硫砒鉄鉍・磁硫鉄鉍から成る。しかし この付近は地形がけわしく 交通はきわめて不便である。

チョケタンガ・グランデ (Choquetanga Grande) 付近では チョケタンガ河とアセレン河 (Rio Azereni) の上流の分水嶺近くにサリータ (Sarita) 鉍山を始めとするタングステン鉍化帯が存在する。サリータ鉍山の前



第26図 アムタラ山の地質断面図

面にあるアセレニ峡谷の北側のレティカ (Letica) 峡谷には約 5 km 連続する鉱化帯があり マルセラ (Malcera) レティカ (Letica) カラブコ (Carabuco) チャキータ (Chaquita) 等の鉱山が分布する。

この付近では 底盤の貫入面は東に緩傾斜し 周辺の堆積岩中に多数の花崗岩質岩脈が分布するが これらの岩脈の先端が電気石と鉄マンガン重石を伴う石英脈に移化する現象が観察される。これらの石英脈は 貫入接触面に平行な NW 方向を示し 貫入岩体に向って 40°~75° 傾斜している。鉱化作用の性質は各鉱脈ともに共通し カラブコ鉱床では紅色の灰重石を主とするが ときに鉄重石と自然着鉛によって交代されることがある。

カラチャカ河 (Rio Calachaca) の北側のチョケタンガ・チコ (Choquetanga Chico) 付近にも鉱化帯が存在する。チョケタンガ・チコ部落の南西約 3 km のところに貫入接触面があり 鉱脈は花崗閃緑岩および堆積岩中に分布し 灰重石がその主要鉱物である。この部落の北西 6 km のところにあるパコパタ (Pacopata) 鉱山では崖錐鉱 (llamperas) を採掘したことがある。この鉱山付近の鉱脈は縞状粘板岩中に胚胎し 長石と白雲母に富む特徴がみられる。

キムサ・クルス底盤の北端には 標高 3,800 m 付近にカロリーナ (Calorina) 鉱山が位置する。パコパタとカロリーナの両鉱山の間では 接近することが困難なため接触帯は未調査である。このカロリーナ鉱山の鉱脈群は N15°W 方向に連続し 花崗岩から粘板岩にまたがって分布する。これらは電気石・白雲母を主とするグライゼン中に胚胎している。

キムサ・クルス底盤の北側の貫入接触面はクリスタラニ (Cristalani) ラモサ (Lanosa) ウアイジャニ (Huayllani) およびハイムコ (Jaymuco) 等の峡谷を横切り 全体として円形に近い形を示している。ハイムコ河の下流では 褶曲軸に平行な断層を伴う背斜構造が観察され マルチデ (Matilde) 鉱山の麓では温泉が湧出している。ハイムコ河の東側にはマルチデ ロサーナ (Roxana)

ラ・オルビダダ (La Olvidada) 等の鉱床群が縞状粘板岩中に分布し 採掘されたことがある。

一方 貫入接触面の東側には多数のタングステン鉱脈が分布するが 未だ開発されていない。これは湿じゅん地帯で接近することが困難であるためと 鉱脈中のタングステン鉱物が不均質に分布し 品位が一定しないためであろう。

チャンビジャーヤ (Chambillaya) 地域

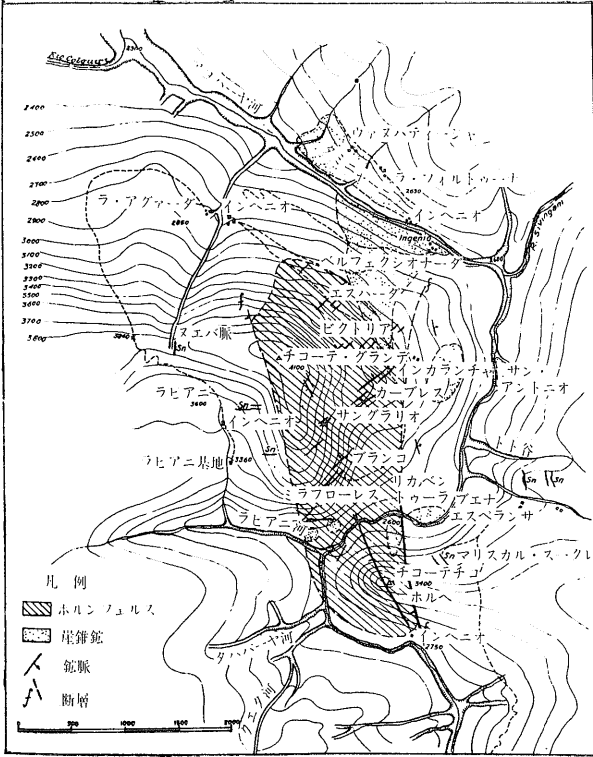
キメ (Quime) の南方 5 km にある標高 4,500 m のチャンビジャーヤ山はチャンビジャーヤ河とウアジャタニ (Huallatani) 河を分つ分水嶺を形成するが この地域には深成岩類の露出がみられない。タングステン鉱化帯は直径 1,400 m の円形内にあり 母岩は無層理の電気石を伴うホルンフェルスである。これは先に述べたキムサ・クルス底盤の南東延長方向に相当するこの地域に深成岩が潜在することを示している。タングステン鉱化帯の西側には暗黒色の粘板岩中に小規模の錫鉱化帯が存在する。

この地域のタングステン鉱脈は東西の伸びを示し 傾斜は中心部で垂直 北部で南傾斜 南部で北傾斜の扇状であり 鉱脈は張力裂罅に關係していると思われる。鉱化帯中には主要な 10 本の鉱脈の他に無数の枝脈が分布し 高度 4,450 m から 3,750 m の間垂直方向に鉱化帯が 600 m 連続する。脈幅は 5~50 cm で 走向方向に余り連続しない。鉱脈は開いた割れ目を充填したような状態を示し 晶洞を伴うが 自形を呈する鉄重石が晶洞中に存在する。硫鉄鉱は普遍的にみられるが 灰重石は欠如しており 母岩の性質は 次に述べるアムタラ (Amutara) チコーテ (Chicote) カミ (Kami) 地域の鉱床の母岩に類似する。チャンビジャーヤ地域ではいくつかの鉱脈が稼行されたが その中 マルガリータ (Margarita) 鉱山 がもっとも重要であり この鉱山は 1908 年から稼行された古い沿革をもつ。

アムタラ (Amutara) 地域

アムタラを始めチコーテ カミ等の地域のタングステン鉱化帯は チャンビジャーヤと同じくキムサ・クルス底盤の軸の南東方向に伸びた線上に位置する。

この地域は東部山岳地帯に属し 先に述べたアリカーエルポー構造線の通過する南緯 17° 線付近に相当する。イチョーカ (Ichoca) の南では貫入底盤は地表では見当らず 鉱化作用は電気石を伴うホルンフェルス中に存在し 鉱石は鉄重石に富み 灰重石は欠如しており 深熱



第24図 アマタラ地域の地質図

水性作用の性質が失われてきている。

北部にサヤキラ河 (Rio Suyaquia) 南部にコルクイリ河 (Rio Colquiri) の両峡谷にはさまれたアマタラ山はインキシビ (Inquisivi) 県のカバリ (Cavari) 町に属し高度 2,000 m の亜熱帯台地から 4,600 m までそびえ立ち NW—SE 方向に 10 km 続く孤立した山系を構成する。このアマタラ山は氷河作用の形跡を残し、真正山岳地帯の地形的特性を集約した模式的な山系である。

この山系はオルドビス紀の黒色粘板岩から成り、電気石を伴うホルンフェルスが分布するが、貫入岩体は地表ではみられない。このホルンフェルス帯の中心部約 5 km² の範囲に、山系の軸方向に直角な張力裂隙 (走向 N 80°E 傾斜垂直) が多数発達し、これらを充填して石英・鉄重石・硫砒鉄鉱・黄鉄鉱の鉱化作用がみられる。また、一部の細脈は晶洞を伴い、石英および鉄重石がみられる。この付近では、パフチリ (Pajchiri) とサン・ピセンテ (San Vicente) 鉱山が稼動している。

また、この山系の東側には性質のやや違った別の鉱化帯がある。この鉱化帯に属するメルセデス (Mercedes) 鉱山では、露頭が高度 3,700 m の地点にあり、鉱脈の走向は N45°W 傾斜は 30°~35°NE を示し、層理の発達した暗黒色の粘板岩を母岩とする。鉱脈の規模は延長

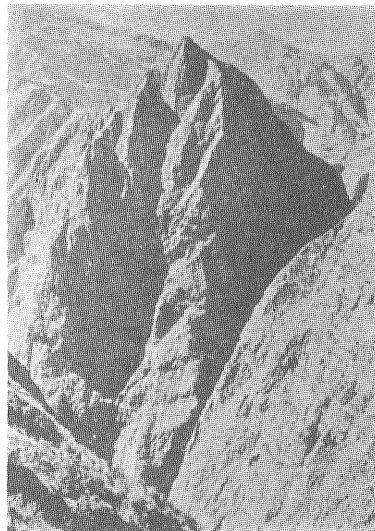
方向に 250 m 脈幅は 13~20 cm であり、鉄重石を伴う石英脈から成り、硫砒鉄鉱に富む性質を有する。粗鉱品位は 4% WO₃ で、第 1 次世界大戦中および 1936 年から 1942 年にかけて採掘されたことがある。

パフチリ鉱山の西側には磁硫鉄鉱を伴う錫鉱脈があり、またメルセデス鉱山の東麓でも錫鉱脈が分布する。アマタラ山系の周囲には鉛およびアンチモンの鉱化作用が知られており、この山系の南にはラ・セレーナ (La Serena) 鉱山をはじめとする鉛の鉱化帯が存在し、タングステンから鉛の鉱化作用に移化している。

チコーテ (Chicote) 地域

アマタラ地域の南東 30 km の地点にあり、先に述べたように、この地域はアマタラと同一構造帯に属する。チコーテ地域はアヨパーヤ河 (Rio Ayopaya) によって浸食され、この河の北に高度 4,100 m のチコーテ・グランデ (Chicote Grand) と南に高度 3,300 m のチコーテ・チコ (Chicote Chico) の 2 つの山塊に分かれている。

アールフェルトの記載によれば、この地域のタングステン鉱化作用は 2 本の主要な断層の間にみられ、電気石ホルンフェルスから成る上昇地塊中に存在する。西側の断層はチコーテ・グランデの頂上付近を通るが、東側の断層は東麓にあり、前者ほど明らかではない。この地域の鉱化作用の特性としては、小規模ではあるが、垂直方向にいちじるしく発達することがあげられる。すなわち、一部の鉱脈の露頭がアヨパーヤ河の峡谷の高度 2,600 m の地点に位置するが、他の鉱脈はチコーテ・グランデの頂上に近い高度 3,900 m のところにある。したがって、タングステン鉱化作用は垂直にして 1,300 m の間にわたるが、富鉱体は 3,000~3,700 m の付近に発達



写真⑧
チコーテ・チコ山
遠景 この山頂付
近にタングステン
鉱脈がある。

する。 鉱脈は NW NE EW の3方向のものがみられる。

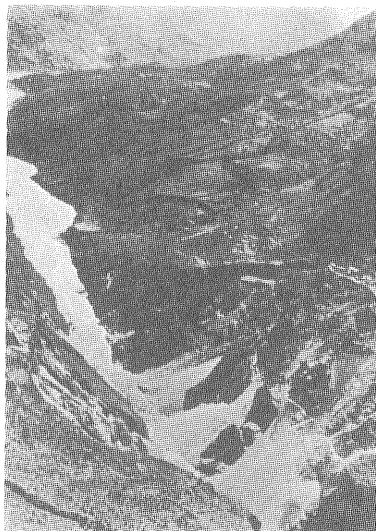
- a) 地層の走向にほぼ平行な N45°W方向の鉱脈がチコータ・グランデおよびチコータ・チコの頂上付近に存在する。
- b) チコータ・チコの麓には N45°~70°E 方向の張力裂罅に伴う鉱脈群がある。 これらの鉱脈の一部は垂直であり他は50°NWの傾斜を示し これらが交叉して網状鉱床を形成することがある。 この付近には エスパダ (Espada) ビクトリア (Victoria) カーブレス (Cables) およびブランコ (Blanco) 等の鉱脈が存在する。
- c) チコータ・グランデ山の南端高度3,000 mの付近では ミラフローレス (Miraflores) 鉱山の鉱脈のように東西性の伸びを示すものがみられる。

これらの中 b) 型鉱床がもっとも重要であるが それぞれの鉱脈は脈幅もせまく余り連続性が良くない。 鉱石は石英・磁硫鉄鉱を主とし 少量の硫砒鉄鉱・閃亜鉛鉱・黄銅鉱・鉄重石・菱鉄鉱を伴うことが多い。 石英と磁硫鉄鉱は自形を示すことがあり 電気石は稀である。 この地域の北東部にある鉱脈中には単に磁硫鉄鉱と鉄重石のみから成るものもある。 カーブレスおよびビクトリアでは 晶洞中に非常に美しい鉄重石の結晶を産するが これまで単一の結晶で30 kgに達したものがある。

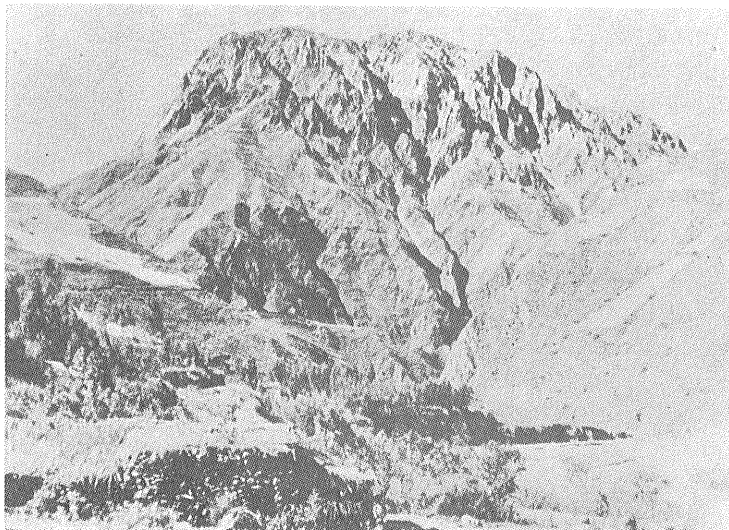
タングステン鉱化帯の周辺には錫鉱脈が存在するが これらはタングステン鉱化期よりもおくれで形成され 錫鉱脈の方向も異なった系に属する。 たとえば ラピアニ (Lapiani) 鉱山は西断層のさらに西側にあり 鉱床

はもろい頁岩中に胚胎する東西性の不規則な鉱脈である。 ここでは6面体の美しい結晶を示す黄鉄鉱をはじめ 細粒の錫石・菱鉄鉱・硫砒鉄鉱・閃亜鉛鉱等がみられる。 また アヨパーヤ河の東にある ブエナ・エスペランサ (Buena Esperanza) 鉱山では 砂質頁岩中に胚胎した錫鉱脈が存在する。

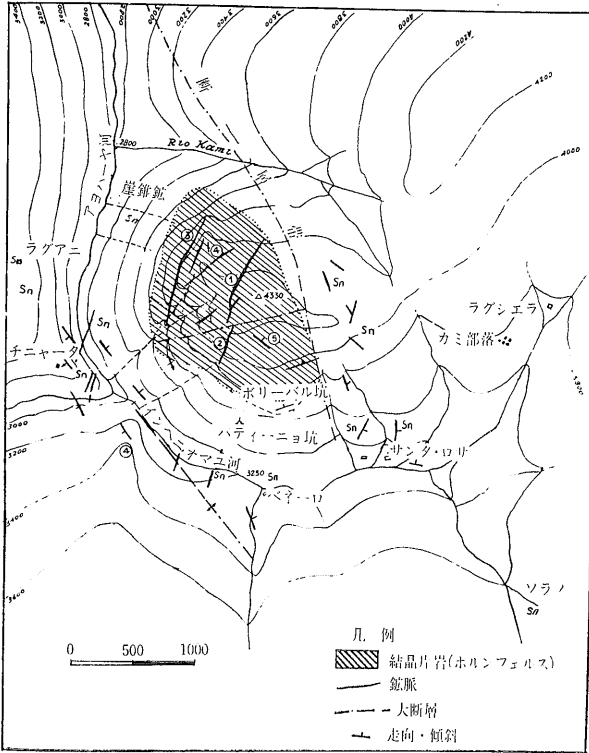
チコータ地域で経済的に重要なタングステン鉱石は崖錐鉱 (llampera) である。 砕屑鉱は鉱化帯が大規模の地すべりによって生ずる鉱石であり チコータ・グランデの北麓では 60°の斜面に沿って数回の地すべりが生じており 150 mの厚さの堆積物を生じているが この中に斜面に露出していたタングステンの網状鉱脈の鉱石も混入して崖錐鉱を生じ ペルブエクシオナーダ (Perfeccionada) とよばれる露天掘の可能な鉱床が形成されている。 この崖錐鉱床は5回の地すべりによって生じ 第1回の地すべりより基底付近に粘板岩と貧鉱の砕屑物が混入し その上部に第2回目の地すべりによって生じた鉄マンガン重石を少量含むホルンフェルスの岩片から成る地層がみられる。 第3回目の地すべりは小規模で粘板岩と貧鉱の砕屑物から成るが 第4回目の地すべりは大規模で鉄マンガン重石に富むホルンフェルスの崖錐鉱が形成され 最後に崖錐鉱を覆う表土層が第5回目の地すべりで生じている。 これらの地すべりによって生じた河床堆積物は 角礫間がつよく膠結するまでに到らない。 また アヨパーヤ河を堰止めて延長1,600 mの湖を作ったが 水圧のため崩壊した形跡が認められる。 地すべりによって生じた崖錐堆積物の全容量は 数百万 m³ に達したが その後水に流されており その残物が崖錐鉱として採掘された。



写真⑨ アヨパーヤ河 右岸にタミニャーニウアヌパティージャ 左岸にペルブエクシオナーダの崖錐堆積鉱床あり。



写真⑩ カミ山 アヨパーヤの河床より望見



第28図 カミ山の地質図 ①サン・アグスティン鉱脈 ②アンチャ鉱脈
③サン・ファン・デ・ディオス鉱脈 ④フオンセ鉱脈 ⑤クアートルセ鉱脈

この崖錐鉍は磁硫鉄鉍を含むため酸化して黄色となり礫とその充填物により角礫状を呈する。礫と充填物の比率は30:70~80:20と変化し 最大の礫は20m³に達するものがある。採掘可能な部分是小礫のところでのその幅は約90mで0.24% WO₃ の平均品位を有する。

チコテ鉍山は 1914~1918年にはチコテ・グランデ鉍床の採掘によりボリビアの主要タングステン鉍山の一つに数えられたが 現在は原始的方法により残鉍が採掘されているに過ぎない。一方崖錐鉍は1934年以降採取され 当時チョフラ鉍山に次いで多量のタングステン鉍石を産出したが 現在は採掘が終了している。

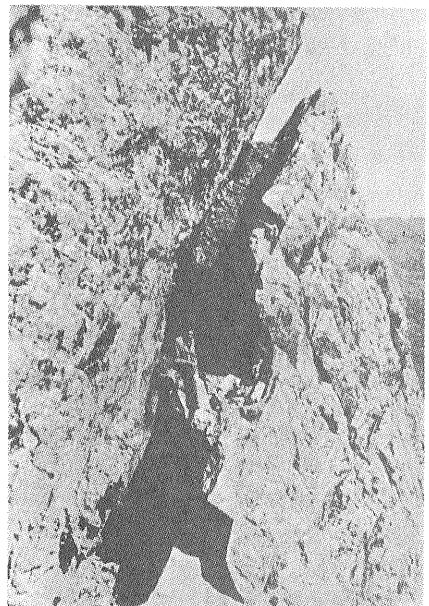
カミ (Kami) 地域

この地域のカミ山 (Cerro Kami) は チコテ・グランデから南南東7km の地点にあり 標高4,330mに達する。カミ地域の地質はチコテ地域と類似しており オルドビス紀の粘板岩を主とする。粘板岩の走向はN40°~60°W で 垂直または南西に傾斜するが カミ山の高所では層理面の消失した電気石に富むホルンフェルスから成る。

タングステン鉍化帯は延長2km 幅1kmの北北西-南南東に延びるホルンフェルス帯中にもみ存在し 走向

N75°E 傾斜48°Nの断層によって切られる。この断層は幅約5mで 磁硫鉄鉍の酸化によりその内部に空洞を生じ これを褐鉄鉍が充填している。鉍化帯中の鉍脈群は時期的に異なったいくつかの系に分かれる。もっとも早期の鉍脈は走向N18°Eで 東に急傾斜し 延長方向に800~1,000mの連続性を示し 平均脈幅は0.6mである。鉍脈は硫砒鉄鉍と磁硫鉄鉍に富む石英脈で鉄重石が盤際に晶出するが 脈の中央部には余りみられない。この系に属する鉍脈は サン・アグスティン(San Agustín) ベタ・アンチャ(Veta Ancha) および サン・ファン・デ・ディオス(San Juan de Dios) 等があげられる。別の系に属する後期の鉍脈群はカミ山の南東に分布し 走向N60°~80°E 傾斜40°~55°Nを示すものおよび地層の走向にほぼ平行なN50°W方向の鉍脈などがあるが これらは経済的に重要ではない。この後期の鉍脈の一部は黒色電気石に富み 鉍脈中には電気石・石英・硫砒鉄鉍・菱鉄鉍がみられ 稀に錫石を伴うことがある。また 一部の鉍脈は露頭に硫砒鉄鉍が存在するが 断層付近では酸化し 地下600mまで酸化帯が連続することがある。

先に述べた早期の鉍脈群は規模は大きいが低品位であり 2次富化部が1~1.5% WO₃に達するため この部分が採掘対象となっている。富鉍体は稀にみられ 鉍化帯の南東および北西部の地表付近の支脈にのみ伴っている。カミ山の中央部のタングステン鉍脈と周辺に分布する錫鉍脈の間には 直接の関係がみられない。錫鉍脈は大断層の東側に分布し 割れ目や小断層の発達す



写真① カミ鉍山 サン・ファン・デ・ディオス鉍脈の露頭

る砂質頁岩中に胚胎する。 カミ山の南東方向の麓にあるサンタ・ロサ (Santa Rosa) 鉱山の鉱脈は 黄鉄鉱・錫石・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・菱鉄鉱・重晶石・毛鉱を産し地表付近には赤鉄鉱が晶出する。 また 同地域の他の錫鉱脈では錫石と磁鉄鉱を含むものもある。 さらにアヨパーヤ河の西にあるラグアニ (Raguani) 鉱山では 砂岩中の割れ目の交叉したところに錫石の富鉱体が形成されている。 カミ鉱山は1908~1919年に採掘され 一時中絶したが1935年以降再開されて今日までに約4,000トン(WO₃)を産出した。 以前は私企業に属していたが現在は鉱山公社に属し 1968年には347トン(WO₃)を産出しチョフラ鉱山に次いでポリビア第2の生産量を示している。

(2) 浅熱水性鉱床

ポリビアにおけるタングステン鉱床の一つの大きな特徴として 浅熱水性鉱床の存在があげられる。 これらのタングステン鉱床には しばしば輝安鉱を伴い 鉄重石を主とするタングステン鉱床と輝安鉱を主とするアンチモン鉱床が相互に移行する現象がみられる。 したがって 鉄重石がアンチモン鉱床の副産物として採取されることも ときにはみられる。 また このタイプのタングステン鉱床では マンガン重石と鉄重石の両端成分の鉱物が晶出するが 一般に前者の方が後者よりも早期に形成されている。 浅熱水性タングステン鉱床は北はチチカカ湖付近から南はタピーサ (Tapiza) まで広く分布し その生成時期はジュラ紀に相当すると考えられる。 以下各鉱床について述べよう。

マルガリーニャス (Margaritas) 鉱山は チチカカ湖に近いアンコライメス (Ancoraimas) の北東約3kmに位置する。 母岩は北西—南東の走向を示すデボン系の頁岩と砂岩から成り 背斜構造を形成するが、その東翼には走向に平行な断層帯が存在する。 黒色頁岩には含まれた厚い砂岩層中には 割れ目がいちじるしく発達し これらの割れ目中に石英・重晶石・鉄重石および少量の輝安鉱が晶出する。 鉄重石は自形を示すものやスポンジ状またはレンズ状の集合体を形成し 頁岩中の鉱脈ではジオクロナイトおよび毛鉱がみられる。 これらの鉱物の晶出順序は 石英→ジオクロナイト→重晶石→鉄重石→輝安鉱となっている。 この鉱山付近には火成岩類は認められない。

イチュラヤ (Ichuraya) 地域

この地域は ヤコ (Yaco) 部落の北西約15km エル・ロデオ (El Rodeo) 高原の西麓の高度3,000m付近に

位置し 小規模の鉱床が存在する。 イチュラヤ地域はデボン系に属する黒色頁岩から成り NW性の褶曲軸をもつ背斜構造がみられ 背斜軸に沿って傾斜が垂直の剪断帯がある。 鉱化作用はこの剪断帯中にみられ 鉄重石および輝安鉱を主とし アンケライト・重晶石を伴う小規模の富鉱体が珠数状に連続する。 ウーゴ (Hugo) 鉱山では 鉱脈中の外側に鉄重石 中央部に輝安鉱が晶出する傾向がみられる。

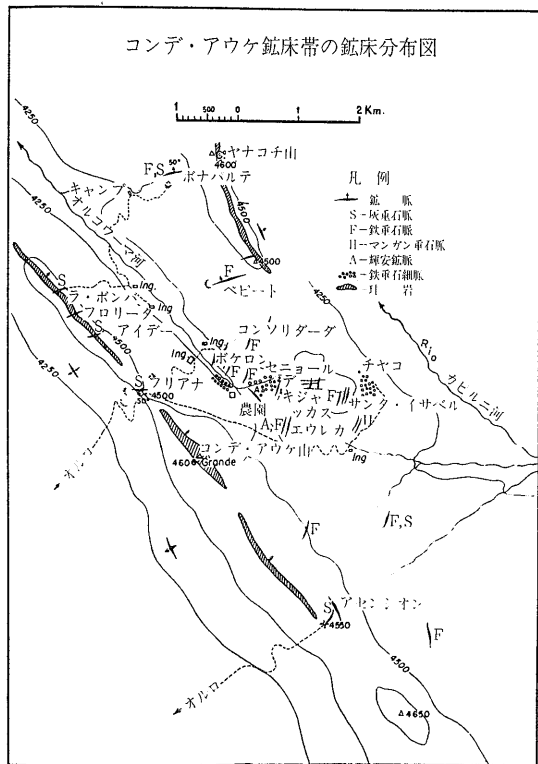
パラグイ (Paragui) 地域

この地域の代表的な鉱山は “ヌエストラ・セニョーラ・デル・カルメン (Nuestra Señora del Carmen)” と呼ばれ イチョーカ (Ichoca) とコルクイリ (Colquiri) 間の高度4,100m付近に位置する。 キムサ・クルス山脈の南東延長に相当し 地質はデボン系の頁岩から成り 走向は北西—南東を示す。 この頁岩中にほぼ構造に調和した優白質の花崗岩質岩脈の貫入がみられ 延長方向に約5km連続し 中央部では800mの幅をもち等粒状組織を示すが 両端部では 幅数mとなり斑状組織に移化する。 この岩脈から約100m離れた地点の頁岩中に東西性の断層がみられ この断層内に少量の黄鉄鉱と灰重石を伴う白色の石英脈が存在する。 石英中には不規則なレンズ状または薄板状の鉄重石および輝安鉱が晶出する。 脈幅は0.8~2mで 露頭から下部75m付近で貧鉱となる。 「私達のカルメン婦人」という面白い名のこの鉱山はほとんど採掘されてしまったが 第1次大戦中ポリビアの主要なタングステン鉱山の一つとして活躍したことがある。

カラカラニ (Calacalani) 地域

この地域はコルクイリの南西約12km 高原地帯の峡谷高度4,100mに位置する。 サン・アントニオ・デ・カラカラニ (San Antonio de Calacalani) 鉱山付近には デボン系の頁岩が発達し この中に2本の厚い菱鉄鉱脈が分布する。 これらを切る N10°W 方向の割れ目が発達し 割れ目と菱鉄鉱脈の交叉する付近に菱鉄鉱を交代したポケット状の鉄重石脈がみられる。 鉄重石は粗粒でしばしば結晶形を示し 先に石英・菱鉄鉱と共に晶出した灰重石を一部交代している。 地表付近で鉄重石の酸化物である酸化タングステン鉱および水酸化タングステン鉱が相当採掘されたことがある。 第1次大戦中サン・アントニオ鉱山は重要なタングステン鉱山の一つに数えられ あるポケットから800トンの鉄重石のみを産した記録もあるが 現在は採掘が完了している。

パコムパ (Pacompa) 地域



第29図

カルーヨ (Caluyo) 部落の南約 5 km 高度 4,200 m に位置し 以前は万年雪に覆われていた。この地域の地質はカラカラニに類似し 東西性の菱鉄鉱脈と南北性の割れ目の交叉点に鉄重石のポケットが形成される。また鉄重石脈が菱鉄鉱脈に伴うこともある。輝安磁が少量鉄重石と共に晶出する。

レケパルカ (Lequepalca) 地域

サン・ミゲル (San Miguel) 鉱山の小規模の鉄床がコンデ・アウケ (Conde Auque) の北西 8 km のオルローコチャパンヤ街道沿いに存在する。デボン系の頁岩中に幅数 mm~5 cm の直立した多数の割れ目が発達し これに沿って網状鉄床が形成されている。輝安磁の結晶が鉄重石によって囲まれるのは鉱化作用の性質を知る上で興味深い。

コンデ・アウケ (Conde Auque) 地域

コンデ・アウケ山は 標高 4,700 m で オルロの北東 45 km に位置する。この地域は浅熱水性タングステン鉄床が良く発達し これまで多くの学者によって研究されている。コンデ・アウケ山は北西方向の軸をもつ緩やかな背斜構造を形成するデボン紀の頁岩から成りこ

の中に 2 枚の砂岩層が存在する。これらの砂岩層の中の 1 枚はコンデ・アウケ山の稜線を形成し 他の 1 枚は北東にあるヤナカチ (Yanacachi) 山に分布する。この付近は フリアナとアセンシオン鉄脈に伴う 白亜紀に貫入した 2 本の珩岩脈以外には 火成活動も接触変成作用も見られない。鉱化帯は約 8 km² の範囲にわたり 3 方向の鉄脈が発達する。

- (a) N70°~85°E 方向の鉄脈群——フリアナ (Juliana) ラ・ボンバ (La Bomba) およびペピータ (Pepita)
- (b) N10°W 方向の鉄脈——アセンシオン (Asención) 鉱山のカンデラリア (Candelaria) 脈
- (c) N10°~20°E 方向の鉄脈——キムサコージョ (Quimsacollo) 山の鉄重石を伴う多数の細脈

コンデ・アウケ地域はボリビアで特異な作用のみられる非常に興味ある地域の一つであり 灰重石・鉄重石・マンガン重石・輝安磁・螢石等の鉄鉱物が晶出する。

フリアナ (別名フェニクス) 鉱山は この地域の鉄山中もっとも重要である。コンデ・アウケ山の 谷間の高度 4,500 m に鉄脈の露頭が存在し 走向 N80°E 傾斜 50°S を示す優勢な鉄脈が稼行されている。鉱化作用は層厚 150 m の砂岩層中で いちじるしい断層運動を受けたところに限られ 頁岩中では鉄脈が分岐して貧鉱化する。脈幅は 0.75~9 m で膨縮がいちじるしく 鉄脈の下盤では 鉱化作用後の構造運動を受けた痕跡がみられる。鉄石は角礫状を呈し 砂岩・方解石・灰重石等の角礫をアンケライトが充填する。灰重石は灰白色で非常に細粒の集合体を形成する。

Hess (1921) によれば 鉄脈の形成は 3 時期に分けられる。すなわち 最初古い断層に沿って珩岩脈の貫入があり その後鉄を含む方解石脈が形成され いちじるしい断層運動で破碎される。次に灰重石と少量の石英が鉱染し さらに破碎された角礫なアンケライトにより充填される。最後に角礫鉄の割れ目にドロマイトおよび玉ずい質石英が生じている。

タングステン鉱化作用は垂直な 3 つの富鉄体を形成し それらの品位は 2~11% WO₃ で 露頭から 180 m の深度まで連続が確認されている。フリアナ鉄床は 1915 年に発見されて以降多量の灰重石を産してきたが 坑内では優勢な鉱化作用が続いているといわれている。

ラ・ボンバ鉄山は フリアナ鉄山の北西 2 km の地点にあり 砂岩層中に鉄脈が分布する。鉄脈の走向は N70°E で 垂直の傾斜を示す。鉄脈は塊状灰重石を伴う粘土

によって充填される不規則な断層に伴い 螢石・重晶石・方解石・霏石が縞模様を呈して晶出する部分が観察される。

ボナパルテ (Bonaparte) 鉱山は カナカチ山にあり この鉱山の鉱脈では 鉄重石と褐鉄鉱に充填された灰重石の巨晶が角礫鉱中にみられる。

アセンシオン鉱山では 砂岩層中に 2本の鉱脈があり 両鉱脈の交叉点に品位30% WO_3 に達する幅 1.2 mの富鉱体が存在したが 地表より40mの深度で貧鉱化した。鉱石は重晶石と白色の灰重石を主とし 鏡下では灰重石の結晶中に輝安鉱の針状結晶が観察される。この他石英および稀に黄鉄鉱が伴われる。本鉱山は以前ポリビアの主要なタングステン鉱山の一つに数えられたが 現在は採掘済みである。

キジャツカス (Quillacas) および サンタ・イサベル (Santa Isabel) 鉱山は コンデ・アウケ山の東部に位置し この付近には地表面積 3 km^2 の範囲にわたり鉄重石を伴う多数の鉱脈がみられる。これらの鉱脈は頁岩中のせまい割れ目に胚胎し 走向 $N10^\circ \sim 20^\circ W$ を示し 急傾斜する。

鉱化作用の内容は単純であり 石英と鉄重石を主とするが 石英は細粒でときに玉ずい質であり 鉄重石も微粒で石英に密接に伴っている。輝安鉱も稀にみられるが上記の鉱物とは単独に晶出し サンタ・イサベル鉱山ではマンガン重石を伴う脈もある。一般に鉱脈は小規模で 60~120 mの深度で貧鉱化し 富鉱部では 脈幅10 cm の鉄重石のみから成るところもみられる。母岩は珪化作用がいちじるしく 黄鉄鉱が鉱染し まれにカオリン化作用を受けている。サンタ・イサベル鉱山では鉄重石を含む細脈の交叉した網状鉱体が採掘された。

また これらの鉱山付近では 以前タングステンの漂砂鉱床が採掘されたことがある。キジャツカス鉱山の麓には鉄重石を含む厚層 1~4 mの漂砂鉱床が形成され また鉱脈に近い谷間にもこのタイプの鉱床が存在する。玉ずい質石英と密接に共生する鉄重石や鉄マンガン重石は風化作用に対して抵抗性が大きいため この種の漂砂鉱床が形成されるのであろう。

アンヘレス (Angeles) 鉱山は ウアヌニ (Huanuni) カタビ (Catavi) 街道の北 5 km モロコカラ (Morococala) 台地の南端に位置する。デボン系の頁岩中に幅 20~40 cm の直立した鉱脈が存在し 石英・アンクライト・黄鉄鉱・灰重石・鉄重石・閃亜鉛鉱・輝安鉱から成

る。灰重石は自形を呈し 電気石を包有するものがある。鉱化作用は 2期に分けられ 最初石英と灰重石次に鉄重石と輝安鉱が晶出する。

B. 第三紀の火山底 鉱床

錫鉱化帯の中央部および南部に分布する種々の火山底 鉱床群の中には 鉄マンガン重石が少量存在し 錫石と共生することもあればしないこともある。このような代表例として さまざまなタングステン鉱物が錫石を主とする鉱脈中にみられるジャジャグア (Llallagua) 鉱山の鉱床があげられるが この鉱床では鉄マンガン重石が錫石よりも後期に形成されている。

コリビリ (Coriviri) カラビ (Calavi) イスカ・イスカ (Isca Isca) 等の鉱山では 鉄マンガン重石が少量採取されているが ポトシ (Potosí) 鉱山では大量に産出する。ポトシでは メディエータ・タホポロ (Medieta-Tajopolo) およびウトゥネス (Utnes) 鉱脈の深部で 鉄マンガン重石は錫石・輝安鉱・輝着鉛鉱と共生している。

ウビーナ (Ubina) 山地域では 鉱脈が石英安山岩中にあり 鉱化作用は複雑で鉄マンガン重石は錫石および金に伴っている。

鉄マンガン重石が錫石と共生しない火山底 鉱床では 蒼鉛を主要稼行対象とした エスマラカ (Esmoraca) 鉱山が代表例としてあげられる。また 石英安山岩中に賦存していないタスナ (Tasna) および チョロルケ (Chorrolque) の鉱脈は生成した時代が明らかでない。チョコロルケ鉱山の鉱脈はオルドビス紀の結晶片岩岩中に胚胎し 石英安山岩の岩株から東に約 3 km 離れている。タスナ鉱山では 鉄マンガン重石を伴う鉱脈は電気石ホルンフェルスから成る山稜帯にのみ存在する。

ラ・ホーヤ (La Joya) 鉱山の火山底 鉱床では 山頂付近に分布する石英脈中に鉄マンガン重石と金が共生する。一方 サン・アンドレス (San Andres) 鉱山のマルハ (Maruja) 脈では 含金黄鉄鉱と共に鉄マンガン重石がみられる。経済的立場からみたとき タングステンを伴う火山底 鉱床として重要な鉱山はポトシのタスナ エスマラカのみで これらの鉱山ではこれまで相当量の鉄マンガン重石を産出してきた。

C. 現世の崖 錐 鉱床

これについては すでに本文中のチコーテ地域で詳説したので ここでは省略する。