

# ポーフイリーカッパー鉱床

⑩

## ～地質探査法と最近の話題～

石原 舜 三

ポーフイリーカッパー鉱床の紹介も9回を終えることができ、最後の2回では地化学探査と物理探査とをそれぞれの専門家が執筆して下さいました。この第10回目で地質探査法にふれ、このたびの解説を終了したいが、第1～7報の内容は多くの探査に使いうる要素を含んでいるし、また筆者の鉱床探査の経験も十分でないから、最近の話題などをとり入れた雑文で今回を終了したい。

第7報の脱稿後、住鉱コンサルタントとくに大津秀夫技師長により、カナダ西部の角礫パイプ鉱床調査の機会が与えられ、合衆国の最近の様子に接することができた。過去の数年間に発見された Twin Buttes, Sierrita, Kalamazoo, Henderson (Mo) などの諸鉱床では、着々と開発計画が進められており、学問的にはペンシルバニア

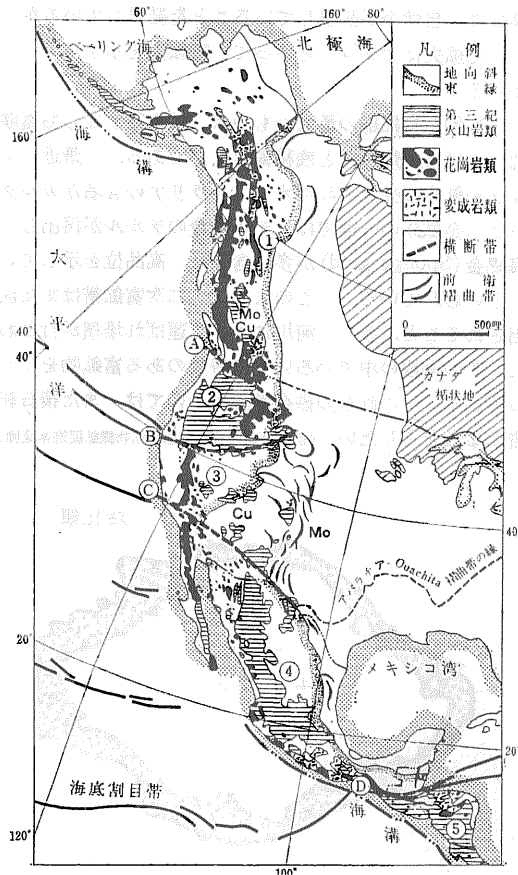
州立大学やカリフォルニア工科大学で、ポーフイリーカッパー鉱床を材料にした、多くの合成実験や酸素同位体の分析がおこなわれていた。これらは Economic Geology その他で公表される予定である。

### 広域的な探査基準

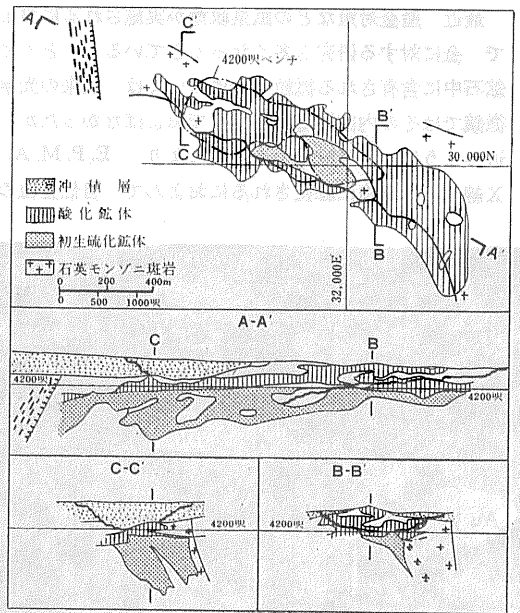
ポーフイリーカッパー鉱床は、合衆国では造山帯の内陸側に分布する傾向を示す。北米大陸でコルディレラ造山帯(第1図)の中心をシエラ・ネバダ底盤からコースト・レンジ底盤を結ぶ線と仮定すると、主要鉱床はシエラ・ネバダのはるか東方にあたる。一部はイェリントン(第2図)とイサカ・ピーク(第3図)のようにシエラ・ネバダに近い。

同様な傾向はカナダ西部のポーフイリーカッパー鉱床でも認められ、ベスレヘムに代表される諸鉱床はコースト・レンジ底盤のすぐ内陸側に分布する。なお、合衆国ではポーフイリーモリブデン帯がポーフイリーカッパー帯のさらにはるかに東方に位置するが(Clark 1968)カナダ西部では両者がコースト・レンジ底盤の東方の同じ帯に分布している(Brown 1968)。

合衆国の鉱山会社で上記の両種の鉱床にもっとも深い関心をよせているのは、おそらくケネカット社であろう。



第1図 コルディレラ造山帯の諸性質  
 ④ Lewis & Clark 帯 ⑤ Snake River 帯 ③ テキサス帯 ① 中央グアテマラ帯 ① アラスカ-カナダ地塊  
 ② オレゴン-モンタナ地塊 ③ カリフォルニア-コロラド地塊  
 ④ メキシコ地塊 ⑤ 中央アメリカ地塊 King (1966) 原図



第2図 イェリントン鉱床の地質図 Wilson (1963) 原図

この会社は世界の10大銅資本のうち アナコンダ社につき 第2位にランクされる巨大な鉱山会社である。ソートレイク・シティの同社の研究所の地質図解析室には世界中の資料が集められ 探査に入る前に 上記のような非常に広域的な条件を含めた地質の解析がおこなわれている。

ケネカット社は自山や研究資料の公開に非常に積極的であって 地球科学の研究分野に大きく貢献している。

合衆国では 1にアナコンダ 2にクライマックス 3にフィルプス・ドッジと称されるくらいに 非公開主義を原則としている鉱山会社があつて 公立研究機関や大学の研究者が困っている問題がある。地下の私有権は地上権よりも公共性の強い性格を持つものと思われるが 個人の所有権を刺激材として国を發展させてきたこの国では 私有財産の公開を道義的に認めさせることは非常にむづかしいらしい。ケネカット社の開放的な態度は 同社の鉱床に関する論文の数を多くし また その内容を高めている。

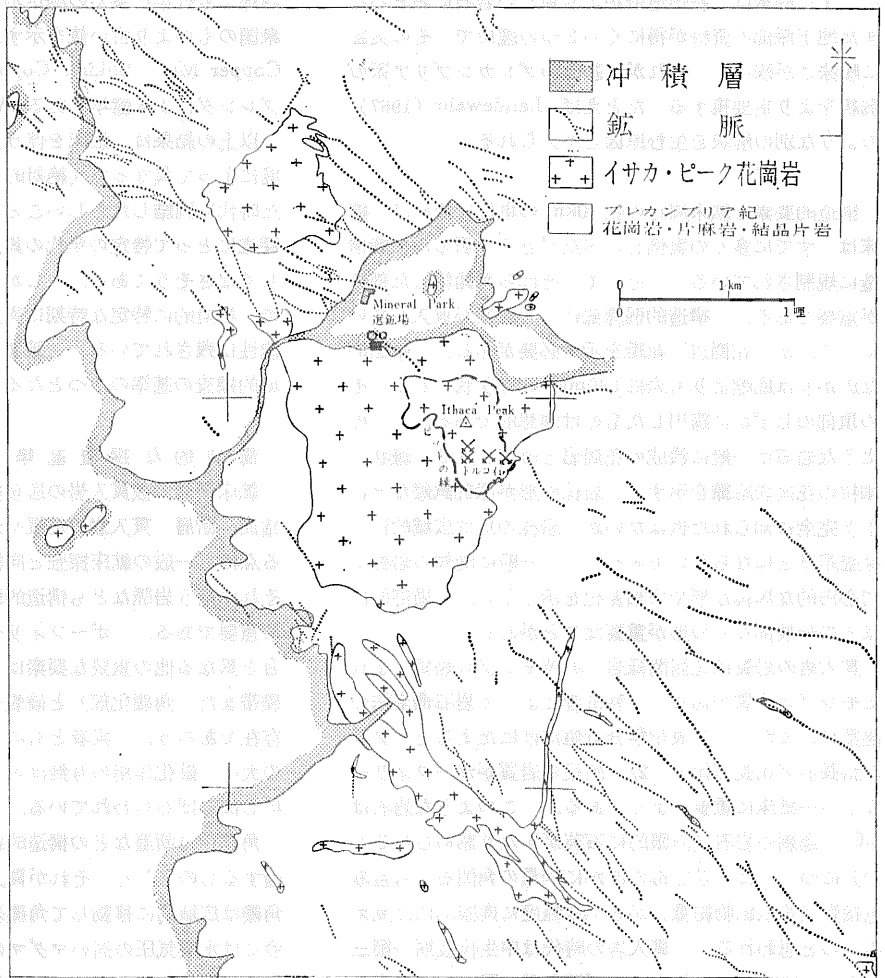
サンタ・リタはその好例で 鉱床として中程度の規模を持つこの鉱床は その名前 実質ともに 地学関係者によく知られている。

外部からの研究はカナカット社の地質家自身の質を高め 鉱山側に還元されている。アリゾナ州立大学出版の本を一通り読まれた読者は 同社とベア・クリーク社の人達による論文が一般によく書けていることに 気付かれたと思う。これは私の正直な感想でもあつて その印象を A. H. James 氏 (ソートレイク・シティ ケネカット本社の Supervising geologist) にもらした時 同氏はとてもよろこばれた。

ケネカット社は アラスカの開発に功績のあつた Dr. R. Kenni-

cott に由来する。この人は Western Union 電信会社のためにアラスカ横断のケーブルの敷設を指揮した。その過程で 35~55% Cu のポナンザ鉱床が発見された。Dr. Kennicott は1866年の夏に他界したが 彼の功績をたたえて この鉱床地帯が Kennicott と呼ばれるようになった。現在の綴り Kennecott, との相異はある日 書記が綴りを間違えた結果と伝えられている。

現在のケネカット社は約200人の geologists を有し その数は地質調査所よりも多い。そのうち約150人はおもに国内の探査(鉱量計算 採掘費の計算までを含めて)を担当している 探査専門の Bear Creek 社に属する。残りの約50人が稼行中の鉱山 [ビンガム 8人 イリー 4人 レイ 3人 サンタ・リタ 4人 オザーク (Zn, Pb) 2人 ブレイドン (南米) 5人] 研究所 本社などに配属され 稼行鉱床や国外の探査 研究的業務などを受持っている。さて 話を本筋に戻そう。



第3図 イサカ・ピーク周辺の地質図 Dings (1951) 原図

被貫入岩は堆積岩・火成岩・変成岩などの多くの種類に及ぶ。堆積岩には eugeosynclinal, miogeosynclinal などの堆積物から 地向斜堆積物でないものまでが含まれているが 合衆国では miogeosynclinal 堆積物が一般に重要である。しかし 層準や堆積相の種類などは一般に広域的には探査の基準とならない。ほとんどあらゆる種類の岩石があらわれることは 構造的要素などの別の要素が探査に重要であることを示している。なお 局所的な観点からは層準や被貫入岩の種類は重要で 特定の層準の石灰質岩石や輝緑岩などが選択的に初生鉱化作用をうけ また二次富化作用も原岩石の種類に左右される実例など 第7報までに記した通りである。

褶曲 とくに背斜構造やドーム (Wisser 1960) あるいは断層などは一般の鉱床探査に重要な要素で ポーフィリー・銅・鉛・亜鉛・鋳床も その例外ではない。Schmitt (1966) が指摘したような (第4報) すべての構造的要素をいっしょにした構造帯の出会いに貫入岩が規制されたとする解釈は 各構造帯がより新しい岩石におおわれ また地下深部の資料が得にくい2つの理由で その実証に曖昧さが残る。それが 基盤のプレカンブリア系の弱線をより重要視する たとえば Landwehr (1967) のような別の解釈を生む原因と考えられる。

構造的要素を鉱床周辺の数 10km の単位に限れば 鉱床はすでに多くの実例をのべたとく 明らかに諸構造に規制されている。そして それらが錯綜した部分が重要である。構造的弱線には火成岩が貫入していてそれが“花崗岩”組織を示す必要がある。平面的な広がりや底盤よりも岩株 (40mls<sup>2</sup> 以下) 状であり その頂部のわずかに露出したものは理想的である。このような岩石は一般に浅成の花崗岩と解釈される 斑状で細粒の花崗岩組織を示す。岩株の形が深部試錐などにより完全に知られた例はないが 岩株の形は広域的には探査基準とはならないであろう。一般に既知の岩株は同心円的な単純な形や岩相変化を示さない。局所的にはその分岐部などの形が重要なことがある。

貫入岩の岩質は花崗閃緑岩～石英モンゾニ岩質 まれにモンゾニ岩質である。執筆者によって岩石命名法の混乱があるから 公表化学分析値だけにたよると ノルム斜長石/正長石比で 2/1 前後の岩質がポーフィリー・銅・鉛・亜鉛・鋳床に重要なようである。このような岩石は SiO<sub>2</sub> 過剰の岩石 (肉眼的に石英がかなり認められるもの) については 黒雲母のほか少量の角閃石をも含み色指数 (苦鉄鉱物総量) が 8~10 程度に肉眼的には見えるものと思われる。貫入岩の時代は中生代後期～第三期中期といわれ 一般にネバダ期変動に関連して鉱床は

形成されていない。化石の産出しない地域の野外観察による時代決定では 従来堆積岩類の岩相の類似性が基準に含められたことが多い。コルディレラ地向斜の東縁で堆積盆は移動していたことが推察されているから この基準は真実性に乏しい。野外資料のみから貫入岩の形成時期を明らかにすることは困難である。

近年の同位体による年代決定では 測定鉱物の年代はララマイド期に入る。この年代が貫入岩の貫入のあるいは 200°C 程度に冷却した時代を示すか否かの議論はともかくとして 同一鉱物を同一方法で測定されたものを比較しても この年代にはララマイド期の中でのかなりのばらつきが認められる (第5報)。

テュソンを中心分布するアリゾナ州南東部とその周辺の貫入岩の鉱物は 6300 年前後を示す。しかし バグダードやミネラル・パークではやや古く ネバダ州のイリーではさらに古く 1.1 億年 ワーレンは 1.7 億年程度で ユタ州のビンガムではやや若い値である。カナダ西部でも近年に多くの測定がなされ これらは一般に合衆国のものより古い値を示す。たとえば ベスレム Copper Mtn, Stikine Copper などは 1.7~2.0 億年 ブレングは 1.4 億年である (White & Carter 1968)。

以上の結果は 鉱床を伴う貫入岩が地域または地質環境によって異なった (絶対的な) 時代に貫入し 異なった時代に固結したらしいことを暗示している。だから探査にとって特定の年代の貫入岩を追跡することは好ましくなさそうである。しかし 造山運動の一輪廻の中で 相対的に特定な時期に貫入岩と鉱床が形成された可能性は残されている。筆者にはこの可能性が重要な広域的探査の基準の1つとなるように思われる。

#### 局 部 的 な 探 査 基 準

鉱床周辺で被貫入岩の層理面 葉理面 片理面などは 褶曲 断層 貫入岩の位置や形などを知る上で重要である点は 一般の鉱床探査と同様である。また 断層やそれに沿う岩脈なども構造的弱線を示す要素として非常に重要である。ポーフィリー・銅・鉛・亜鉛・鋳床で一般の場合と異なる他の重要な要素は おそらく角礫パイプ (角礫帯または角礫化部) と破裂化帯 (shattered zones) の存在であろう。両者ともに その破壊の程度 サイズの大小 鉱化作用の有無はともかくとして 鉱床の付近にしばしばあらわれている。

角礫化は断層などの構造的弱線帯の交差部分に最初発達するものらしく それが貫入活動により促進される。角礫は広域的に移動して角礫岩脈などを形成するが 一般には水蒸気圧の高いマグマの貫入位置に関係していると思われる。角礫化の進んだ角礫帯で その中に貫入

岩起源の物質が 礫や熱水変質鉱物 硫化物の形などとして多いものほど 一般には貫入岩体に近いことを示していると考えられ これらを追跡することは(とくに深部に) 本式のポーフィリー銅-鉄床の発見につながる可能性を秘めている。カナネア(第3と6報)はその好例である。

ダイアトリーム(diatreme)はラテン語の Hole through の意味で 一般には水蒸気爆発によって形成された角礫物質の通路の断面をみる場合に用いられている。一般にうけ入れられている例は 合衆国の鉄床ではイー(Ely)のみである。これは鉄化作用後の貫入体である。カルデラを伴う火山岩類地帯には 多くの銅鉄化作用を伴わないダイアトリームが存在しているらしい。

破裂化帯の小割目が硫化物と石英に埋められると網状(stock work)鉄床であって これはポーフィリー銅-鉄床自身である。無数の小割目(鉄化作用の有無を問わず)はポーフィリー銅-鉄床中とその周辺に分布するから 破裂化帯は探査にとって非常に重要である。

貫入岩の影響で被貫入岩は種々の化学的変化を生じこれが探査の道具として用いられる。しかし この変化は 貫入岩の地質的水準が一定であるとしても 被貫入岩と添加物質の性質に大きく左右されるから 両要素とも多様な天然現象では この変化を探査基準として一般法則化しにくい。一般に原岩の組織と鉄物の変化が著しいほど 貫入岩体が近いことを示しているのである。

原岩に石灰質岩がある場合に スカルン化あるいはタクタイト(tactite)化が存在すれば それは鉄床自身を示すことが多い。原岩の再結晶化はより広い範囲におよぶ。その外縁は大理石線(marble line)としばしば名付けられ 探査基準として用いられている。ただしとくに鉛・亜鉛鉄床は大理石線をこえて分布することが

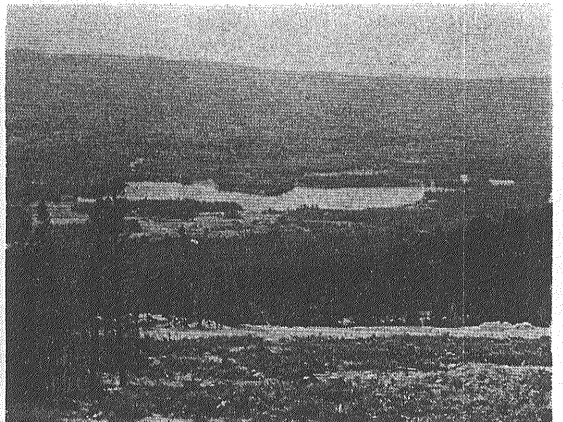
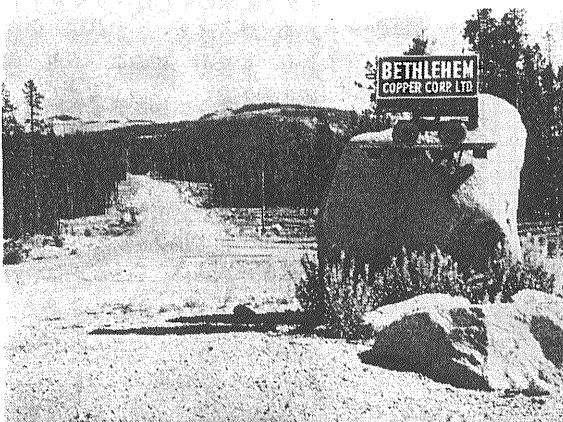
ある。

変質作用は鉄化作用の先走りをするから 変質鉱物を探査基準とした有名な論文は Lovering ほか(1949)である。Sales & Meyer(1948)は両者がほぼ同時のビュートについて報告している。変質鉄物の組み合わせは 現在では広く探査の基準として用いられている。

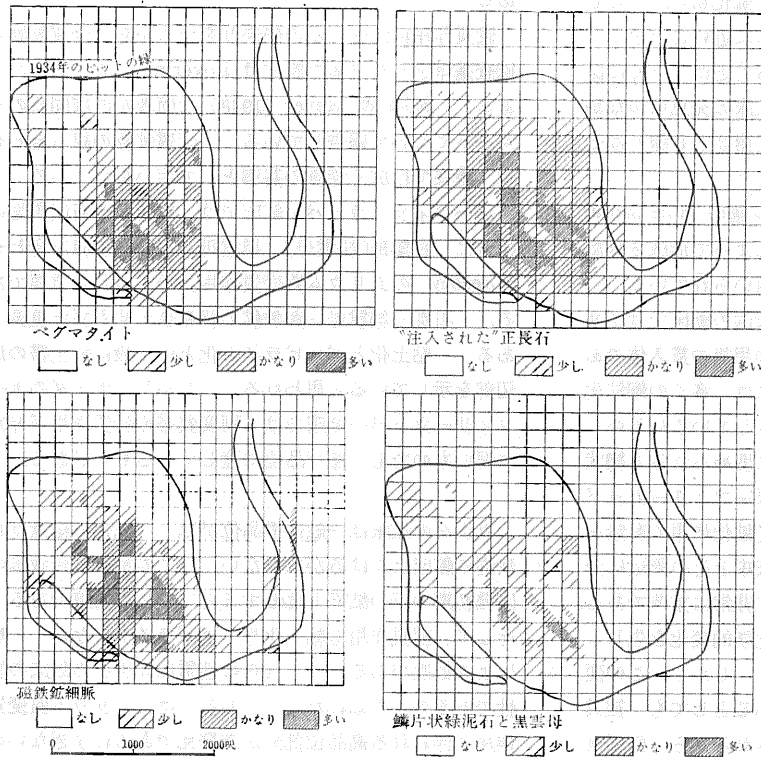
ポーフィリー銅-鉄床では 原岩が非石灰質岩の場合に 白雲母(絹雲母) 黒雲母 正長石の組み合わせ(Creasey のカリウム質変質作用)がもっとも重要である。石英-絹雲母-黄鉄鉱の組み合わせもまた重要である。粘土化とプロピライト化とは一般に鉄化帯の周辺部を示していると思われる。しかし カナダのポーフィリー銅-鉄床では 両変質帯や変質作用が非常に弱いものでも 稼行品位に達しているものがある。

カナダの鉄床は一般に銅品位が低く 硫化物総量は合衆国の鉄床よりはるかに少ない。この特徴は合衆国の開発初期の頃の鉄石と比較すると さらに明瞭である。そして 変質作用も粘土化やプロピライト化など 一般により低次である。これらの性質はカナダの鉄床の特性であるのかも知れない。あるいは カリウム質変質作用に伴われる高品位部分が未発見であるにすぎないのかも知れない。昨年の夏 カナダ西部で話題となったベスレヘム鉄山の新鉄床(Lake Zone)には(第4図) 変質作用の著しいものが知られている。

ポーフィリー銅-鉄床には 塊状交代鉄床や鉄脈鉄床を含めて 中心から外側に  $Cu+Mo \rightarrow Cu+FeS_2 \rightarrow FeS_2 \rightarrow Pb \cdot Zn \cdot Ag \rightarrow Mn$  の累帯分布が知られているから 周辺の諸鉄床を調査することによって 中心に存在する潜在キューボラを予想することが可能であろう。一般には 完全に同心円的累帯分布を示す事例の確率は非常に少なく 不完全なものが多い。しかし 鉄体内とその



第4図 ベスレヘム鉄山入口(左)と新鉄床の眠る Lake Zone 地域(右) 1968.9 ベスレヘム鉄山はカナダで最初に企業化されたポーフィリー銅-鉄床で その成功は日本人地質家(松田亀三氏)の英断に負うところが大きいといわれている



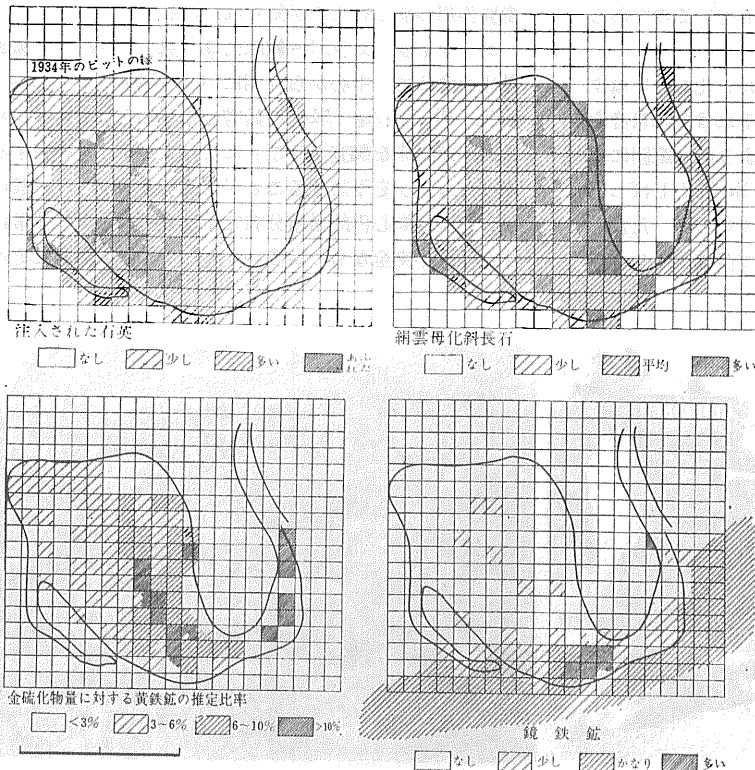
第5図 (A) ニュー・コルネリア鉱床の構成鉱物の多少 Gilluly (1946) 原図

近くの構成鉱物の分布にはある種の規則性が認められることは一般的な現象で Zonal theory の概念で既知鉱床の延長部分や付加的な鉱床の探査基準を明らかにすることはできるであろう。

Gilluly (1946) はそのような目的のために ニュー・コルネリア鉱床の構成鉱物を定性的にしらべ各鉱物の多少を 200 フィート間隔の罫目に表わした(第5図)。2週間余りの期間がこの調査のために費やされた。

ニュー・コルネリア鉱床ではベグマタイト 正長石 緑泥石 磁鉄鉱の4鉱物は同一個所に分布する。石英は一般に広く分布するが ベグマタイト領域の近くと部分的には黄鉄鉱の領域で多い。黄鉄鉱はベグマタイト領域で少なく その東側でもっとも多量である。絹雲母化斜長石は一般に黄鉄鉱と関連している。しかし石英は多いが黄鉄鉱は少ない たとえばピットの南西端にも絹雲母化斜長石は多い。初生銅鉱化作用はベグマタイト領域に重複する。揮水鉛鉱の産出はまばらで その分布の規則性を知ることが困難である。鏡鉄鉱は銅鉱化作用と変質作用に無関係なようである。

以上の観察から ニュー・コルネリア鉱床の中心はベグマタイトの多い所である。それは 微斜長石 正長石 磁鉄鉱 石英 銅硫化物の多いことによっても示される。黄鉄鉱の比率の高い部分や絹雲母化斜長石の多い所は鉱床の周辺を意味する。黄鉄鉱化や絹雲母 粘土化などの著しい部分が鉱床の周辺部を示す傾向は 合衆国ではかなり一般的な事実で そのような部分のみ知られている鉱床では 立体的なその近くにより高銅品位部分が存在する可能性



第5図 (B) ニュー・コルネリア鉱床の構成鉱物の多少 Gilluly (1946) 原図

が秘められているかも知れない。

以上のような鉱床周辺の探査に必要な要素を Jerome (1966) は上手に表現した (第6図)。この図には物探や化探による特徴も表わされているから 一見して諸特徴を掴むにこの図は非常に便利である。

### 探査の初期段階

ポーフリーカッパー鉱床の探査は 実際にはいろいろな段階から開始されるであろう。たとえば ある程度の探査がなされ ある程度の鉱量 (石) が確認されている異常地の情報が入った場合には 地質条件の吟味が探査地質家の主目的であって これはかなり進んだ出発点といえる。しかし 基本的には鉱区が未設定の地域に立って 地表にあらわれている現象の観察から 探査は出発するはずである。鉱床は特殊な岩石体であるから 一般には地表にその特殊性があらわれているものと思われる。たとえば 珪化作用の著しい鉱床が周囲から小高く残っていたり 硫化物が酸化して種々の二次鉱物を生じ 鉱床は周囲と異なった色を示すかも知れない。合衆国の鉱床は乾燥～半乾燥地域に分布するから 後者の化学的反応による色の変化が一般に顕著である。

色異常は褐色～緑色のさまざまな色を示し これはカラー航空写真により容易にとらえることができる。この色異常の規模と種類とは 潜在するポーフリーカッパー鉱床の大きさや品位と関係するが 他の多くの地質条件にも支配されている。Jerome (1966) はその条件として 分布岩石の種類 接触交代性ハロの有無 変質作用の強弱 黄鉄鉱と黄銅鉱の総量と両者の比率 二次富化作用と酸化作用の程度 浸食の進行の度合 その他をあげている。

アリゾナ州の鉱床のうち ビスビー サン・マニュエル ピーマーミッションなどは 鉱床の近くに大きな著しく赤褐色な部分を伴う。これは一般に不毛の鉱染状や脈状の黄鉄鉱の分解に起因するもので 銅鉱床を直接的に指示しない。また 湿潤気候の地域では一般に色異常があらわれにくい。色異常は探査の糸口にすぎず 引続く地質条件の検討がはるかに重要である。

地表で酸化溶脱帯を観察する場合に 合衆国では二次富化帯直上の溶脱帯は二次的な銅の炭酸塩や珪酸塩鉱物部分的には赤銅鉱 自然銅などを伴う。また 酸化帯の発達が悪い場合には 二次富化帯の輝銅鉱や初生の黄銅鉱 黄鉄鉱 輝水鉛鉱などが認められる。以上の場合には 露頭の観察から鉱床の位置を予測することは その直下に鉱床が存在するか否かはともかくとして 比較的容易である。

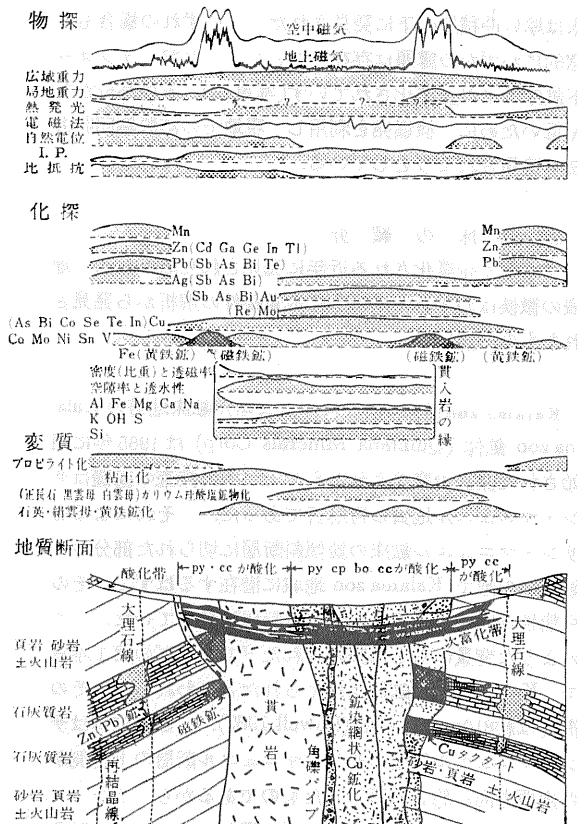
Blanchard (1939) は 一般に探鉱家が主張している褐

鉄鉱の色と鉱体との関係を否定しながらも ある種の色と鉱床との関係を次のようにあげた。

- 1) レンガ赤色 (brick red) は少量の銅を含む黄鉄鉱帯の上に見られる
- 2) 長石類に富む鉱染状輝銅鉱帯から生じた褐鉄鉱は えば茶 (maroon) か朱色褐色 (seal brown) を示す
- 3) 褐鉄鉱帯中の輝銅鉱がさらに分解して生じた褐鉄鉱はビスマルク褐色 (Bismark brown) である
- 4) 黄銅鉱から直接に生じた褐鉄鉱は数鉱床で濃黄褐色 (deeply ochreous color) 一般にインディア赤色 (India red) である

Smith(1950) によると モレンシイの黄銅鉱/黄鉄鉱 = 1/5 の鉱体に生じた褐鉄鉱は淡橙色 (pale orange) を示す。これは Tunell が指摘した (Locke 1926) 黄鉄鉱/銅硫化物比が高い鉱床の酸化帯で 黄色の鉄明ばん石が多い に原因しているのかも知れない。なお多くのカラー写真と共に Blanchard の総括が昨年出版された (R. Blanchard, 1968 : Interpretation of leached outcrops, Macky School Mines, Univ Nevada, Reno, Nevada, 89507, \$ 7.50)。

褐鉄鉱の色は探査の手懸りにすぎず 熟練した老探鉱



第6図 ポーフリーカッパー鉱床の一般的な断面と物探および化探の特性 Jerome (1966) 原因

家にまつわる名人芸は一般に信じられていないようである。露頭の二次鉱物から深部の銅品位が予想できないことを証明した試みにたとえば Locke (1922) がある。露頭の観察以後は、広域的に正統的な探査がおこなわれるべきものと思われる。

露頭の周辺を組織的に調査する場合にたとえ一人で歩く場合でも土壌のサンプリングをおこない地化探を併用することは近年では一般常識化している。サンプリングは格子状に実施することが望ましくその分析は日時をきそって鉱区を設定する場合を除きまとめおこなう方が能率的である。

ポーフィリー銅鉱床に限らず、鉱床探査は地質化学、物理のすべての手法を用いて組織的に短時間におこなわれることが望ましい。その探査は基本的には露頭から出発することであろうが、合衆国の西部では露頭周辺は探査ずみの所が多く、近年に開発されたポーフィリー銅鉱床はすべて広い意味の潜頭鉱床である。サン・マヌエル鉱床(第6報)は主としてヒラ(Gila)礫岩におおわれた鉱床で、サフォード鉱床(第2報)では第三紀火山岩類を鉱化作用の前後に分ける作業により厚く発達する鉱化作用後の中〜新期火山岩類の下位に潜在する鉱床が確認されていた。ピーマーミッション鉱床は厚い沖積層の下に発見された。いずれの場合も地表的にわずかの露頭は存在していた。なおサフォード鉱床はまだ企業化されていず(写真26)その品位がやや低いために核爆発を利用し、現地での溶脱銅回収方法が適用されようとしている。

### 新 鉱 床 の 紹 介

まもなく企業化される近年に発見された鉱床にも地表の徴候はわずかで、おもに地質条件の解析から発見されたものが多い。

**Kalama zoo 鉱床:** サン・マヌエル鉱床地帯の Kalama zoo 鉱体 (Quintana Minerals Corp) は1965年に開始された探査で発見されたもので、その探査の基礎はサン・マヌエル地質の再解析であった。それによるとサン・マヌエル鉱床の緩傾斜断層に切られた部分が鏡反射の形で Kalama zoo 地域に潜在するはずで、その可能性は同地域の既存の地質資料に適合していた。このような背景のもとに開始されたドリリングの第1本目で Kalama zoo 鉱体は捕えられたといわれる。その深度は約810mであった (Lowell 1967)。この鉱体はサン・マヌエル鉱床のサン・マヌエル断層の上盤側が西南西方向に約3km落下したものであるから、サン・マヌエル鉱床に酷似しているが、深部にあるために酸化

や二次富化作用がみとめられない (Lowell, 1968)。

**Twin Buttes 鉱床:** この新鉱床はアナコンダ社により現在表土剥ぎ (stripping) がおこなわれているが (写真20) 同社の非公開主義のために印刷資料は公表されていない。数年前にその探査計画のもとにドリリングを実施していた地質家の話では、主要部は石灰質岩の塊状交代鉱床であったといわれる。Twin Buttes 鉱床は石灰岩交代鉱床を主とするピーマーミッション鉱床の南方約9kmにあつて、地域的にも両地域は非常に似ている。

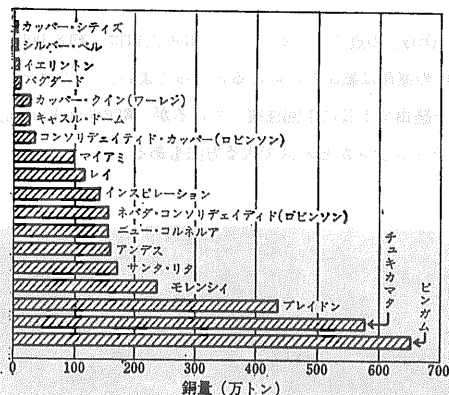
Twin Buttes はその名の通り、ふた子のビュートであり、沖積層中に小高い古生層の丘である。そこで小規模な採掘がおこなわれたことがあるが、現在の表土剥ぎはその南方でおこなわれているから、沖積層の下位に埋れていた鉱床が発見されたものと思われる。鉱量は2.9億トン (0.88% Cu) と発表され、日産処理量30,000トンの選鉱場が建設中で、今年中には生産が開始される予定である。

**Sierrita 鉱床:** これは西エスペランザ鉱床 (第6報第11図) のすぐ西方で発見されたもので、エスペランザ鉱床周辺の付帯的な鉱床とみることができる。したがってその地質は既述のエスペランザ鉱床の場合とよく似ているが、鉱床母岩に石英閃緑岩が加わった黄銅輝水鉛鉱などの初生鉱物を主とするなどは Sierrita 鉱床の新しい要素である。

現在、約1億トンの表土を運び去る作業が 15yrd<sup>3</sup> ジャベルと120tトラックによりおこなわれており、60,000t/日処理の選鉱場も建設中である (写真16)。カット・オフ 0.4% Cu、平均 0.55% Cu の鉱石が採掘され、1969年中には生産が開始される予定である。

**Henderson 鉱床:** この鉱床はクライマックス社に属する“ポーフィリーモリブデン”鉱床である。その規模が大きく、今後のモリブデン鉱業界におよぼす影響は大きいと思われ、また純粋に地質条件 (＋資本金) で発見された鉱床である点で、注目に値する。

コロラド州で国道40号線がロッキー山脈を越える所は Berthoud 峠で、その近くの Red 山にはユラド (Urad) モリブデン鉱床がすでに知られていた。この地域はコロラド鉱化帯中央部の西縁にあたり、プレカンブリア紀の Silver Plume 花崗岩に、浅成の流紋岩質複合体 (石英-カリウム長石-曹長石斑岩) が貫入する。この複合体は地表では約800mの径を示し、3つのプラグ状岩体からなり、それらの岩相変化は著しい。また、角礫パイプや角礫帯も著しく発達している。



第7図 1955年までの南北アメリカ大陸の18鉱床からの銅生産量 Parsons (1957) 原図

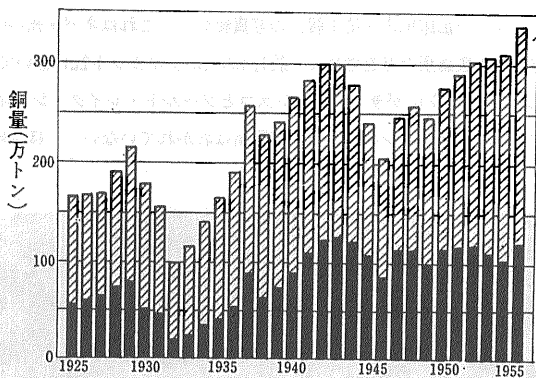
ユラド鉱床は漸新世貫入体の中とその周辺の網状輝水鉛鉱床で少量のタングステン鉱物を伴う。絹雲母石英 黄鉄鉱 粘土鉱物などからなる熱水変質が著しい。この鉱床は鉱量1,200万トンで1967年に生産が開始された。

流紋岩質複合体は深部ほど肥大化し、深部では別の流紋岩体もあらわれる。ヘンダーソン鉱床はこれらの貫入岩体に関係し、その中のみ胚胎される網状鉱床である。その詳細はまだ公表されていない(Wallace ほか1967)。鉱量は確定と推定を合わせて約3億トン(約0.5% MoS<sub>2</sub>)といわれ、これはクライマックス本山の4.2億トン(0.35% MoS<sub>2</sub>)に匹敵し、非常に大きい。ドリリング・データ確認のための立坑はすでにおろされ引き続き別の立坑掘進やドリリングが続けられているから、鉱量は増加する可能性がある。しかし、この鉱床はその最上部でも地表下1~1.3kmの深所において、採掘条件は本山に比べてよくない。

ヘンダーソン鉱床の名前は、クライマックス社の西部開発室の副所長であり、またユラド鉱床の開発を手がけた故ロバート・ヘンダーソン(1966年初めに死亡)に由来する。合衆国の習慣としてこのような例は数多く、たとえばワレージ鉱床地帯のラベンダー・ピットも同様に名付けられた。

### む す び

ポーフィリー・カッパー鉱床が鉱業的に重要視される理由の一つに、この種の鉱床からの過去の銅生産量の多さがあると思われる。Parsons (1957)のまとめによると、南北両大陸の18鉱床は世界の総生産量に高い比率を示し(第7と8図)、たとえば1951~55年間でその占有率は約37%であった。近年の新鉱床の開発により、この比率は現在より高いものと思われ、ソ連などの共産圏内の出鉱量を含めると、ポーフィリー・カッパー鉱床からの



第8図 18鉱床からの生産量(黒)と世界の総生産量(黒+斜線部) Parsons (1957) 原図

産銅量はおそらく世界の50%近くに達するであろう。

同様に高い比率(1967年度で世界の23%)を示す鉱床の型に、北ローデシア(現在のザンビア)やコンゴの層状鉱染銅鉱床があって、数年前から日本人の地質家により、コンゴ領内が組織的に探査されている。今後の日本ではこの種の銅鉱床に対する関心は高まるものと思われる。

一般論として、鉱染状の産状は鉱床の探査と採掘の両面で、鉱業的に好ましい地質的要素と考えられる。このことは、たとえばポーフィリー・カッパー鉱床と鉱脈型鉱床とを比較する場合に、非常に明瞭である。

ポーフィリー・カッパー鉱床には、北米大陸に限っても現在の採算ベース以下の品位の鉱床がかなり発見されており、また採掘方法の大型化は他種の鉱床に比べて著しく急速で、これは低品位鉱体の企業化を容易にさせる。筆者が以前に訪ねた1962年当時では、5yr<sup>3</sup>シャベルと数10トン積みトラックが一般的であったが、昨年のアメリカ合衆国の主要鉱山では、15yr<sup>3</sup>と120トンのものが用いられており、昨夏のラスベガスの展示会では200トン積みトラックが発表されたといわれる。

ポーフィリー・カッパー鉱床は、正統的な考え方に立つ場合に、今後とも非常に重要な探査対象と思われる。この種の鉱床が環太平洋地域の造山帯にとくに多いことは、内陸に分布する安定地塊内の鉱床に比較して、運搬の面でわが国には有利な点である。

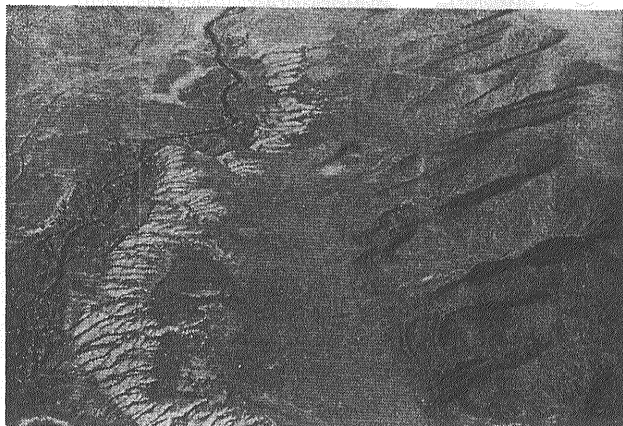
10回にわたったポーフィリー・カッパー鉱床の紹介が、何らかの形で探査関係者にお役に立つことを願って、本稿をおしまいとしたい。

今回をまとめるに当たり、住友金属鉱山株式会社カナダ法人の平田洋氏が教えて下さった、カナダ西部の類似鉱床の実例と文献とは、非常に有益であった。記して同氏に厚くお礼申し上げる。

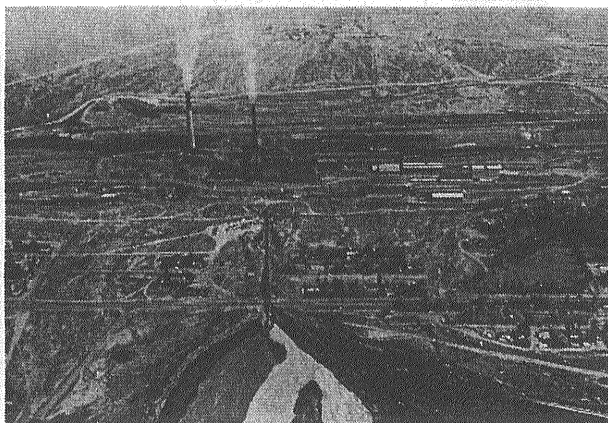
(筆者は鉱床部)



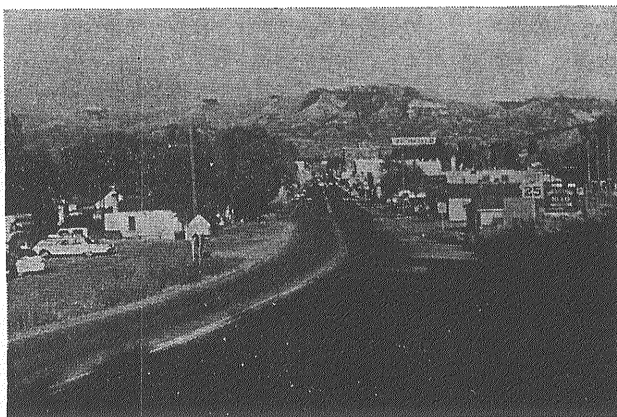
ロビンソン鉱床地帯（第1報）の写真紹介。これはネバダ州の中央東部 イリー (Ely) の近くにある。この町の人口は約8,000  
選鉱場や製錬所などを合せて約1,400人がケネカット社に働いているからこの町の運命は鉱山と共にあるとあってよい。United  
A. L. の DC-6 がサンフランシスコとソールト・レイク・シティとの間をイリー経由で1日に1回往復しているが町の約6km北  
方の空港にはレンタ・カーの事務所はおかれていない。ほかにソールト・レイク・シティからバスで入る方法もある。



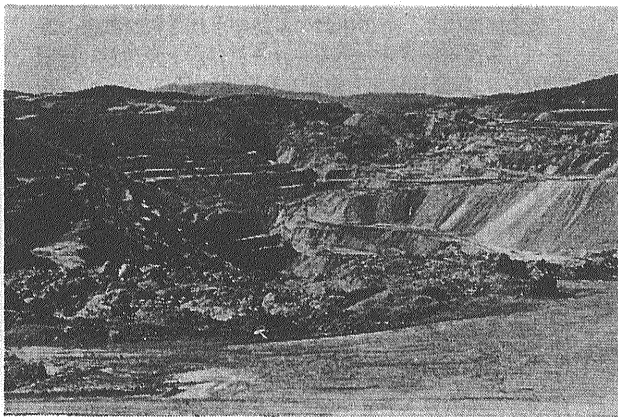
① イリーは非常に乾燥した Basin & Range 地形の中にある。写真は北方のイリー〜エルコ間の寸景



② 製錬所 写真の右側には選鉱場がある 鉱床付近では水が非常に得られにくいから 両者とも水に近いイリーの北方に 鉱山から離れて設定された



③ 西側からみたイリーの町 写真の左はずれには“Cat House”（赤線宿）があり ホテルには賭博場があって イリーはネバダの町である



④ ロビンソン鉱床地帯はイリーの約17km 西方にある！写真は主要部分のリバティ・ビット遠景 エマ鉱体も現在ではこのビットに含まれている



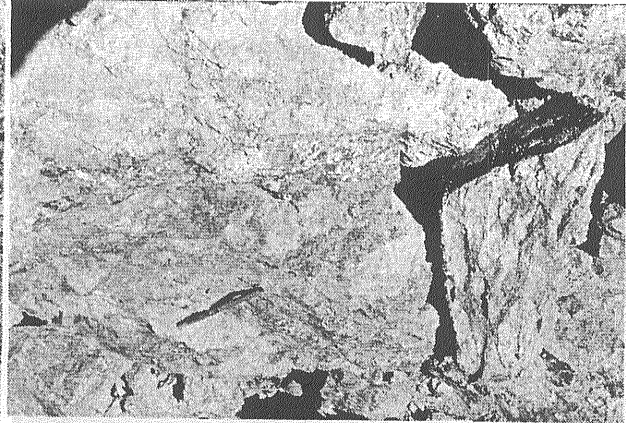
⑤ リバティ・ビットの底付近



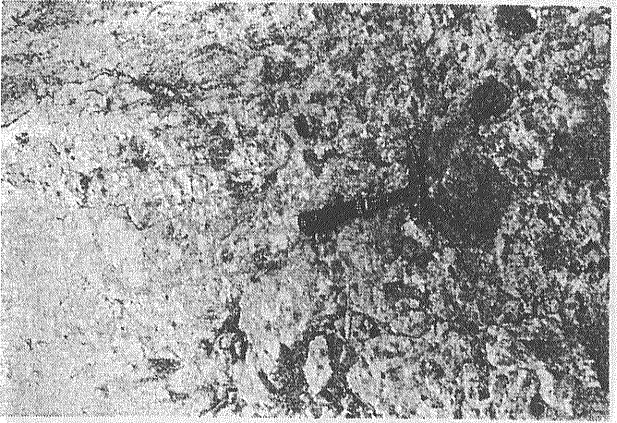
⑥ 同採掘風景



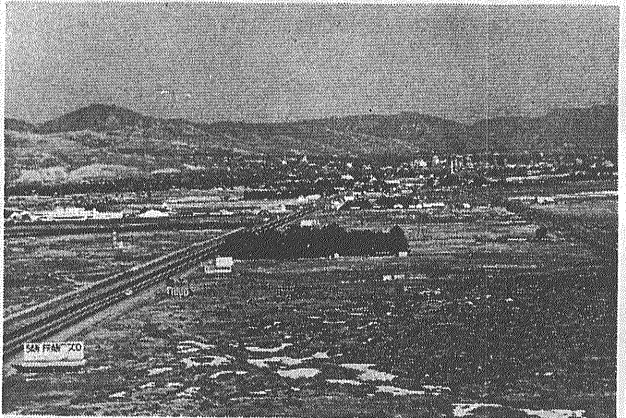
⑦ 鉱染網状鉱石の一例 キムブリー・ピット 二次富化鉱物〉初生鉱物



⑧ タクタイト鉱石の一例 脈〜網状部分に黄鉄鉱〉磁鉄鉱〉黄銅鉱などが濃集トリップ鉱体

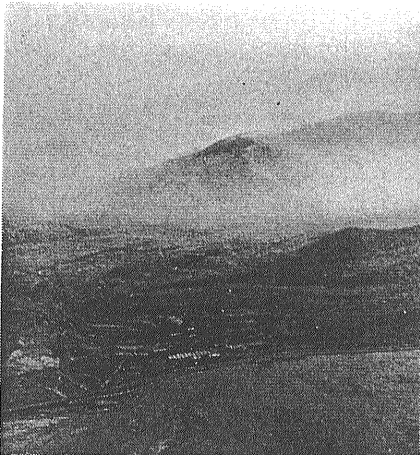


⑨ ダイアトーム キムブリーピット 左側が上位

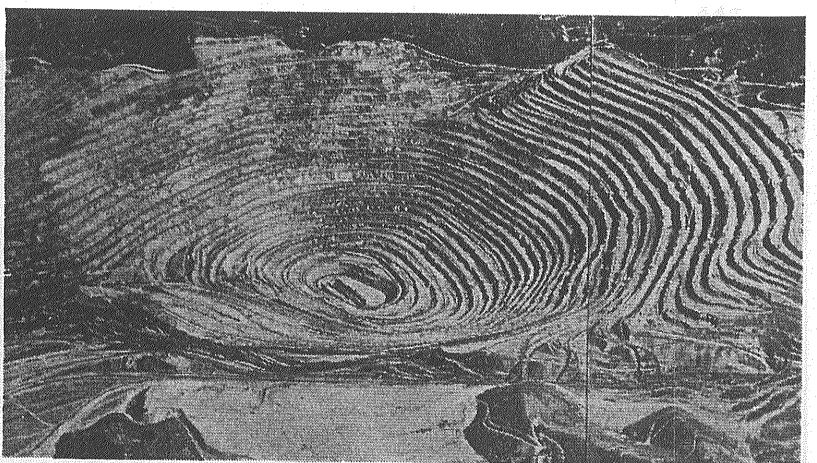


⑩ 西部の銅鉱業界の中心 ソールトレイク・シティ

ソールトレイク・シティは宗教と銅鉱業の街であるといえる。この地を訪ねる観光客はまずテンプル・スクエアにそびえるモルモン教の教会をおとずれるであろうし 観光バスの多くはビンガム・ピットにとまり ピットの中をのぞかせてくれる。ケネカット・ビルディングはテンプル・スクエアのはす向いにあって やはり街の中心にある。ソールトレイク・シティからビンガム溪谷のピットをわずかに見ることができ その右方には汚れた空に選鉱場や製錬所も望まれる。



⑪ 煙にかすむ Oquirrh 山地の東端 選鉱場が右下にみえる



⑫ ビンガム・ピット全景 ケネカット社資料による

アリゾナ州の鉱床を集中的に見学するためには、テュソン(Tucson)からレンタ・カーで出発するのがよい。空港をさけ、街なかで借りると \$4.50/日 4¢/mile 程度の安価な中型車(たとえば Chevy II)がえられる。1週間程度で、アホ、バグダード、イサカ・ピークなどを除くほとんどの鉱床を訪ねることができる。



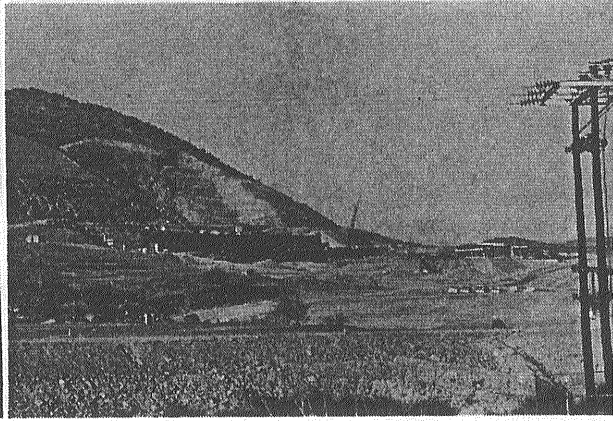
⑬ ピマ・ピット全景。現在では35,000t/日(0.5% Cu)に拡大された



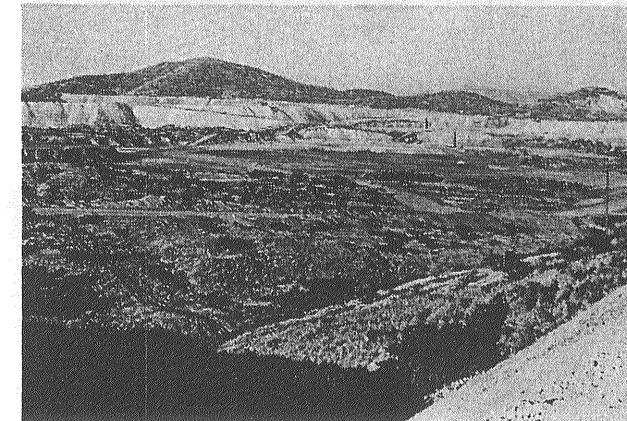
⑭ 隣接するミッション・ピット全景。こちらは24,000t/日(0.7% Cu)処理である



⑮ エスペランザ・ピット。西エスペランザ・ピットは撮影地点の後側である



⑯ エスペランザ鉱山事務所対面の山麓に建設中の新選鉱場 Sierrita の鉱石用



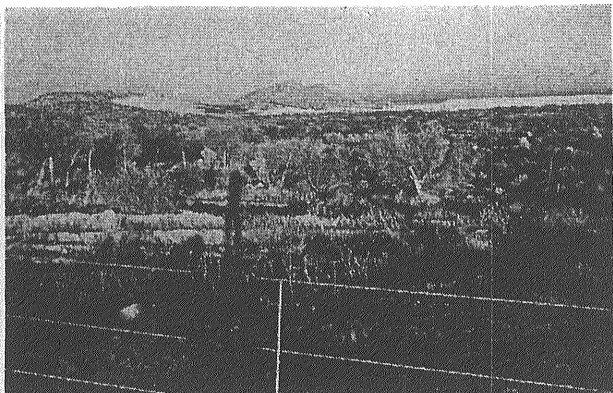
⑰ 表土剥ぎ中の Sierrita。1×1.5mls のピットがここに予定されている



⑱ 作業中の 15yrd<sup>3</sup> シャベルと 120t 積みトラック



① エスベランザの沈殿銅回収場ごしにみる Basin & Range 地形

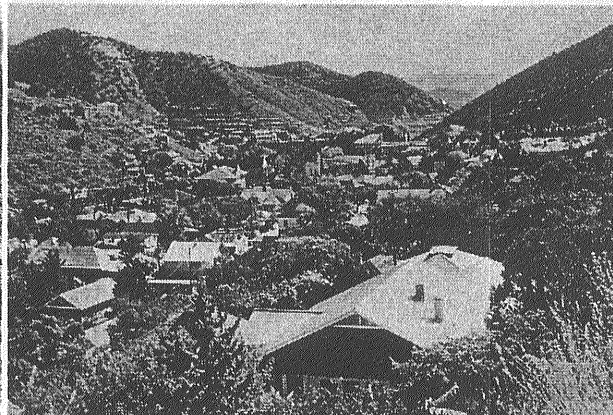


② Twin Buttes (中央のふた子) の左側の丘に建設中の選鉱場とその右側に広がるずり捨場

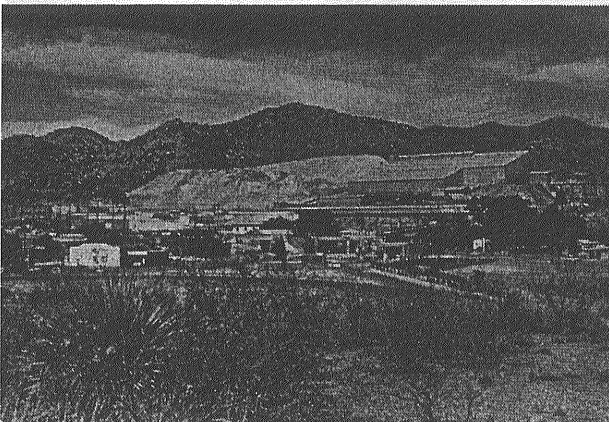
テュソンから国道80を南東に走ると117kmで鉱山の町テュムストン (Tombstone, 墓石) に着く。ここはコチーズ (Cochise) 地方である。コチーズ地方は山にかこまれた盆地状でこの天然の要害を利用して アパッチ族が最後まで抵抗した。コチーズはジェロニモと同じく すぐれた酋長の一人であった。軍隊のためのスカウトであった Ed Schieffeln はその仕事の途中 サン・ピードロの丘ですばらしい銀鉱を見つけ そのとりことなった。Huachuca 砦の軍人達は彼に警告し “All you'll find out there is your tombstone” といった。1877年9月 最初の鉱区を Schieffeln は Tombstone と名付けた。彼はアパッチ族には殺されなかった。



③ テュムストンから南方に続く Basin & Range 地形と国道80号線



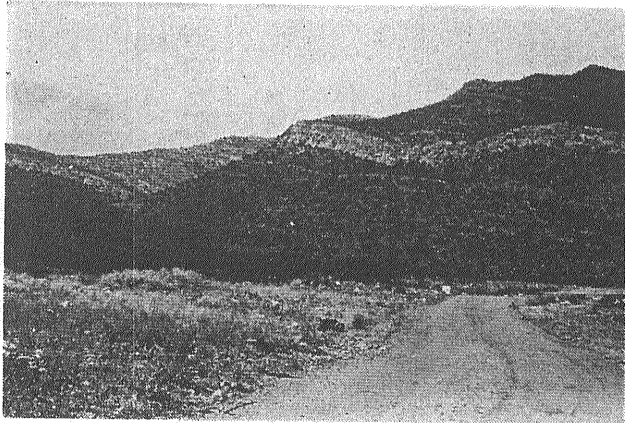
④ 古い鉱山町 ビスビー。赤い山肌の中に古い建物が並び 趣味の絵の会が開かれるなど いまでは落着いた町である



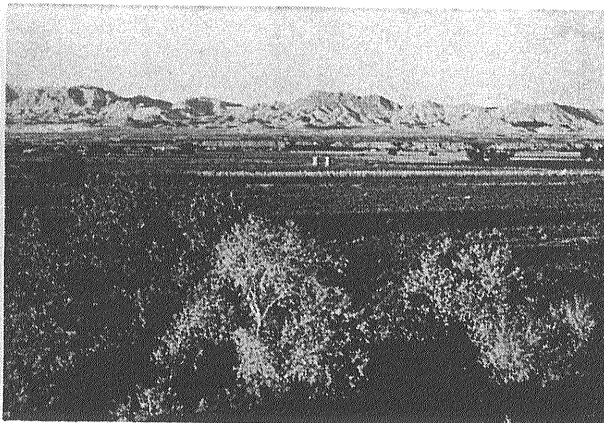
⑤ ビスビーのすぐ南方 ワーレン鉱床地帯のフィルプス・ドッジ社の選鉱場



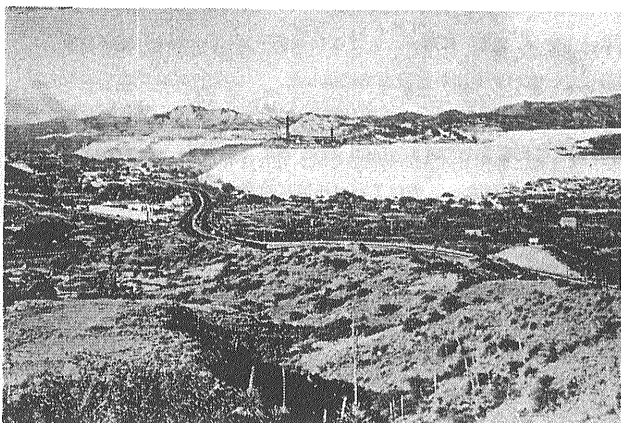
⑥ ワーレン鉱床地帯の主 ラベンダー・ピット この開発のために国道80号線がつけかえられた。



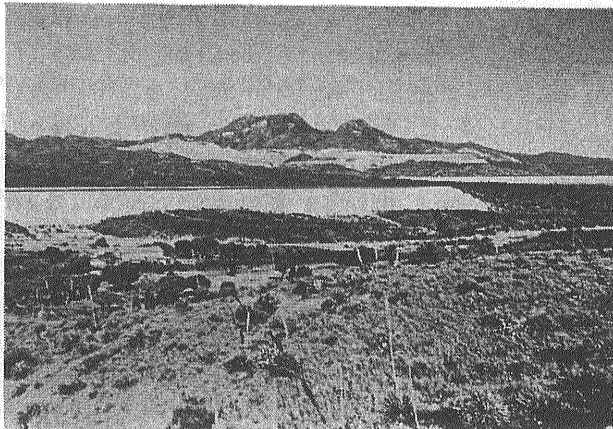
㉔ ワーレン東方の堆積岩類 (第5報 第5図参照)



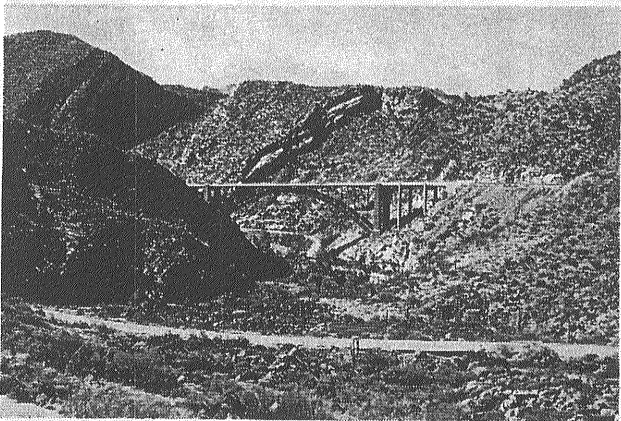
㉕ サフォード鉱床遺景 中央右寄りの山の下



㉖ 東方(グループ)からみたインスピレーション鉱山



㉗ その右側 カッパー・シティズ・ピット

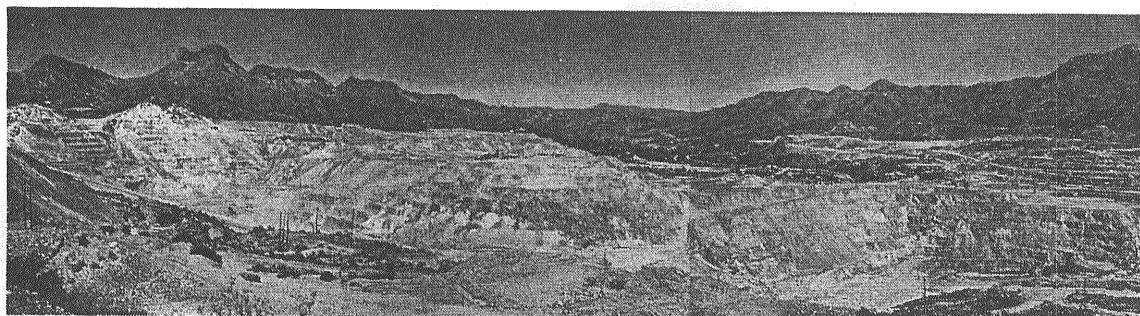


㉘ キャスル・ドーム近くの堆積岩類



㉙ キャスル・ドーム・ピット

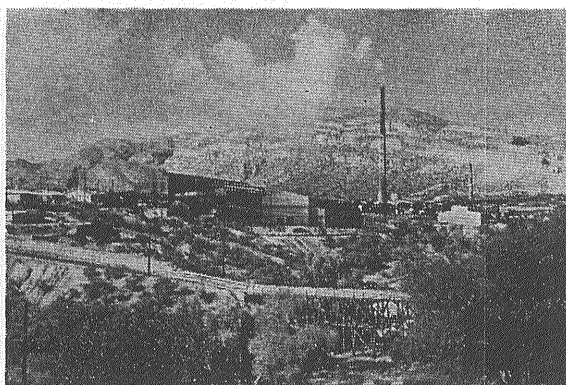
グループ・マイアミ鉱床地帯をスペリアから南下すると、レイ、クリスマス、サン・マニュエル、カラマズーなどがある。レイは上記のインスピレーションなどと同様に道からみえるが、他の3つは枝道に入る。サン・マニュエル鉱床は州道77号線のすぐ北側にあり、地図上の San Manuel はその南方 13km 製錬所、社宅、病院などがおかれている所である。



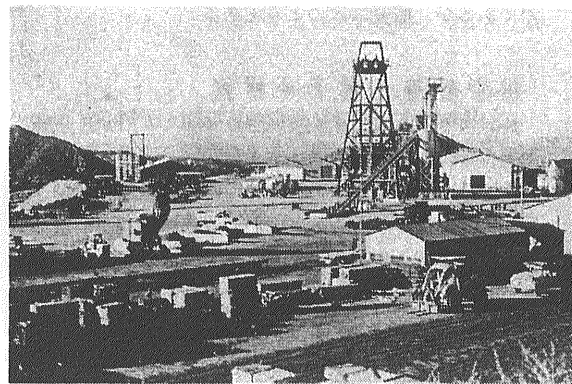
① レイ・ピット全景 左が西ピット 右がパール・ハンドル・ピット 左の特徴ある山がティール・ポット山



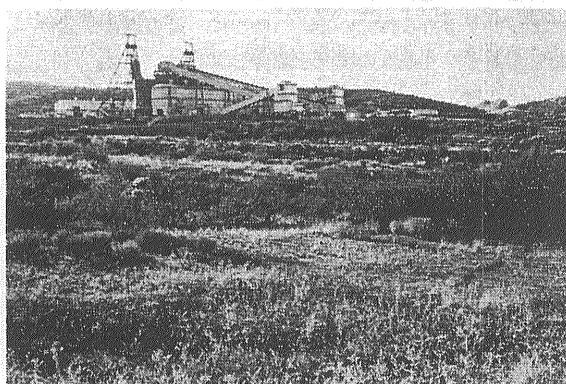
② 輝緑岩中の石英細脈 破碎化網状組織の好例



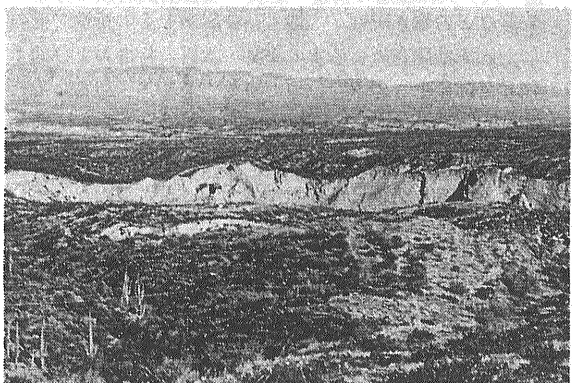
③ Hayden にあるレイ鉍石用の製錬所



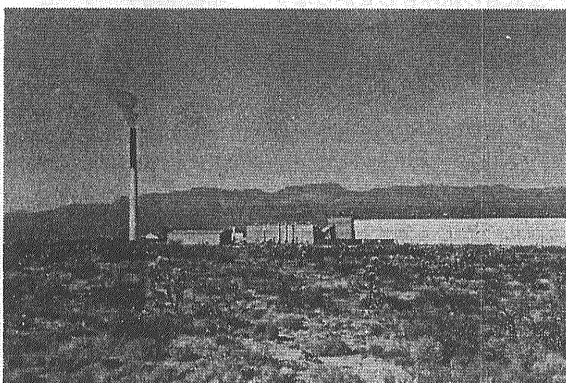
④ サン・マニエル鉍床の人員立坑と作業場



⑤ 鉍石用立坑と地表の状況



⑥ 陥没した南側鉍体の採掘跡



⑦ サン・マニエルの製錬所と選鉍場