

# カリフォルニアの金鉱床

石原舜三(鉱床部)  
Shunso ISIHARA

カリフォルニアの東部 シェラネパダの西麓に 19世紀のゴールドラッシュをもたらし  
た金鉱化地帯がある。 これまでに3000トン以上の金が採掘され 今は夏のリゾート地と  
して静かに眠っているようにみえるが その原岩であるマザーロードには残存鉱量も多く  
その再開発は静かに進行している。

## 愛しのクレメンタイン

「雪よ岩よ我等が宿り 俺達は街には住めないから  
に」で始まる雪山讃歌はどこの歌かと聞かれると多くの  
日本人はどのように答えるであろうか。 実は筆者は20  
年以上も前にフルブライト奨学金の試験官であるアメリ  
カ人に同じ質問をされたことがある。 その試験官によ  
ると当時の日本人留学生のかなりの人が日本の歌だと答  
えたそうである。 それほどこの歌は日本人の哀愁を呼  
ぶように編曲され 日本人にとけ込んでいた。

愛しのクレメンタインは19世紀にカリフォルニアで発  
生したゴールドラッシュを築いた探鉱家の娘をモデルと  
している。 その第一節は次のようにうたわれている。

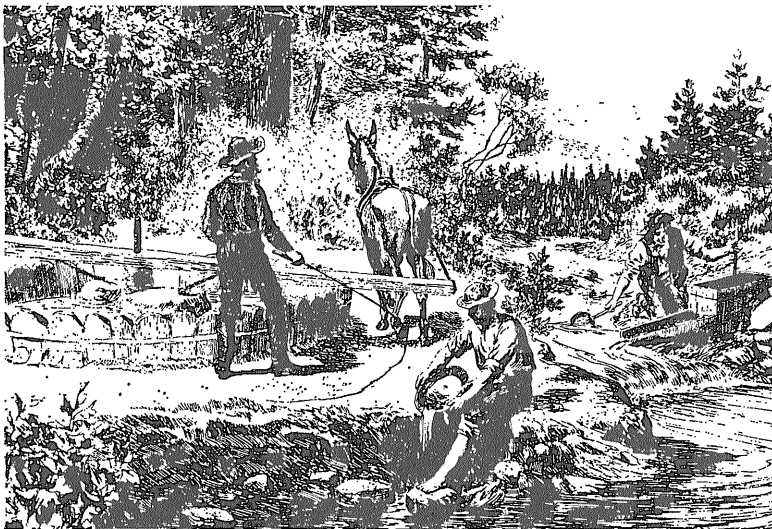
In a cavern, in a canyon, excavating for a mine  
Dwelt a miner, forty-niner,  
and his daughter Clementine

雪山讃歌の歌詩はこの第一節の前半を基調としてい

る。 原曲の第二節以降によると クレメンタインは羽  
のように身軽くはずんだ娘であったが 靴は No. 9 で泳  
ぐことができない。 ある日池にはまって世を去り 彼女  
の恋人は悲しんだが 妹に会って すぐにクレメンタイン  
のことを忘れてしまう。 このアメリカ式のアイロニー  
を込めて この歌はアメリカでは明るくうたわれる。

カリフォルニアのゴールドラッシュに参加した探鉱家  
達は その発見の年に因んでフォーティナイナー すな  
わち1849年人と言われている。 この名はカリフォルニ  
アのシンボルとして サンフランシスコのアメリカンフ  
ットボールチームのニックネームとして用いられている。

カリフォルニアで砂金が発見される以前の18—19世紀  
の世界の産金量は年額20トン前後であった。 カリフォ  
ルニアのゴールドラッシュは年間最大120トン以上(第  
4回参照)の金を生んだから それは当時世界的な事件  
であったであろう。 この発見を第一次として ゴール



第1図 ゴールドラッシュ時代の探鉱  
風景 (CLARK 1970原図)。

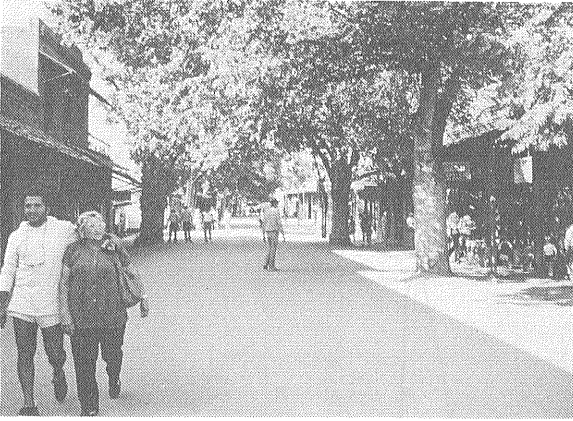


写真1 かつての探鉱家の町 今は観光客をひきつける ジェイムスタウン (トオルミン郡)。

ドラッシュは20世紀へ向けて第二次 第三次にわたり内陸やアラスカに及んだ。 アラスカへ至るゴールドラッシュをチャップリンは映画「黄金狂時代」として画いたのである。

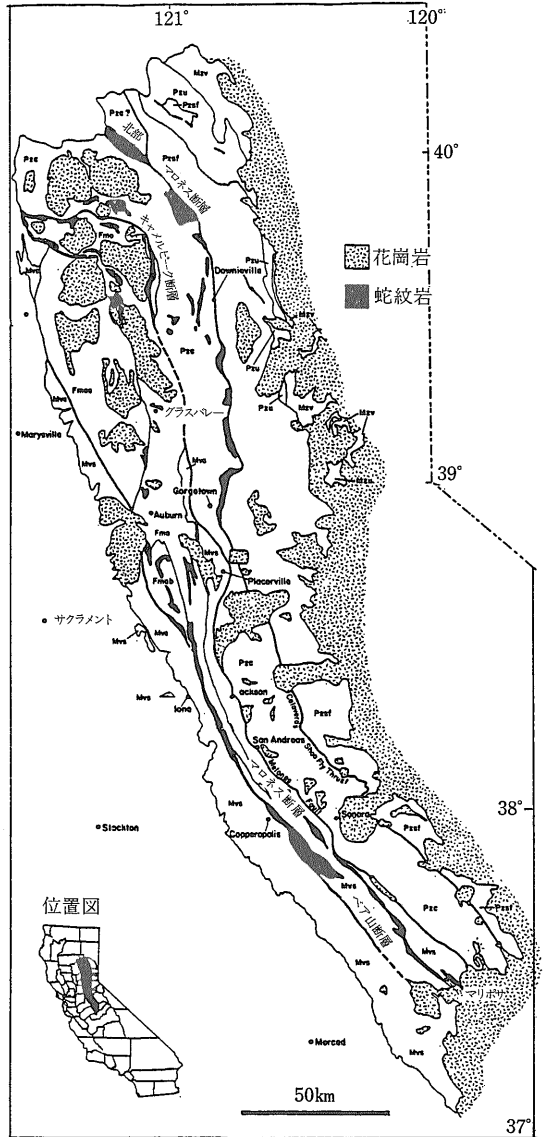
カリフォルニアのゴールドラッシュの舞台はサクラメント (日系人は粹に桜府と呼ぶ) の東方 シェラネバダ花崗岩山地の西麓である。 ここは堆積岩に蛇紋岩が貫入する構造帯にあたり これらに花崗岩が貫入する (第2図)。 金は現世の砂礫層から採掘され すぐにその原石であるマザーロード (Mother Lode) すなわち「母なる鉱脈」に移行した。 第三のソースとして 古第三紀河川の砂礫層がある。 これまでの総産金量は3000トンを超え 「クレメンタイン」は豊かな富をカリフォルニアにもたらした。

ラッシュの始まり その17年の生命

1848年冬の朝 スコットランド人の大工 ジム マーシャルは金鉱化地帯のほぼ中央に当たるアメリカン河 (第5図) の Sutter's Mill の放水路を掃除中に豆粒ほどのナゲットを発見した。 日付けについては異論があるが公式的には1月24日とされている。 このナゲットは金量8g弱 現在では行方不明 一部のフレークがワシントンのスミソニアン博物館に保存されている。

発見の秘密は1週間ともたず ニュースはヨーロッパまで流れ 3月15日付の "The Californian" には大々的に報道された。 この発見に引続き J. ビドウェル元帥がフェザー河で P. B. リーディング少佐がトリニティ河で砂金を発見するに及んで 各地から何千もの人々がこの地方に集まり ゴールドラッシュの幕明けとなった。

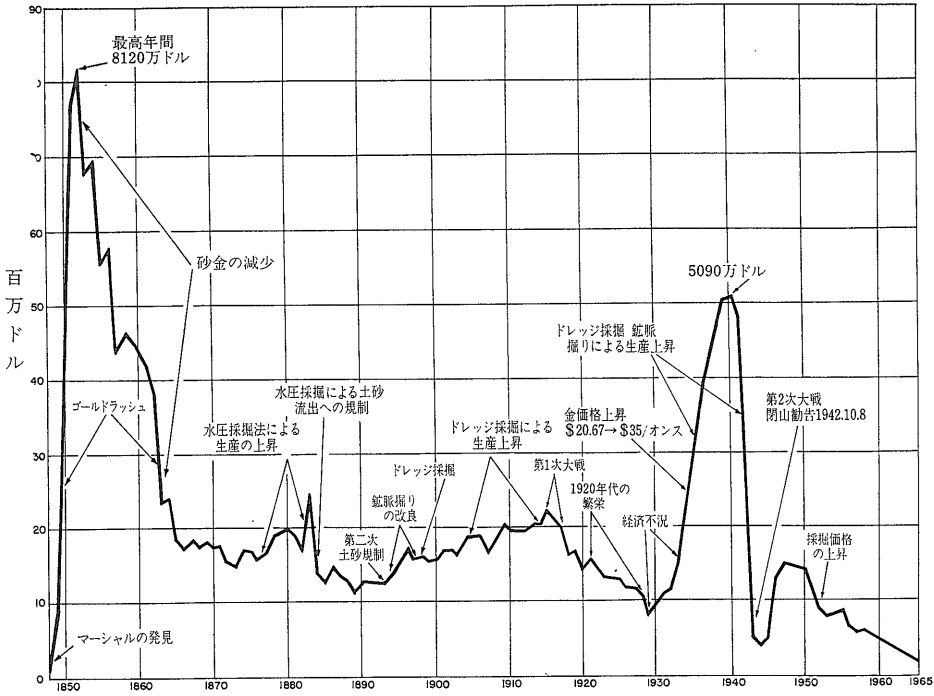
1986年3月号



第2図 マザーロード産金地帯の地質略図 (CLARK 原図)。

翌1849年には 産金地帯南部のマリポサ鉱山で含金石英が発見され その稼行のためにカリフォルニア州で最初のスタンプミルが設置された。 翌年にはグラスバレーのゴールドヒルで含金石英脈が発見され これがその後100年以上に亘って坑内掘りによる金の重要供給地となったのである。 翌1851年にはカーン郡のグリーンホーン河で砂金が見つかり その上流へ向けてゴールドラッシュがおこった。

以上のようにカリフォルニアでは 砂金を端緒としての金鉱探しからすぐに原岩の石英脈を発見している。 その理由の第一は地中海気候のこの地方は半乾燥地域で



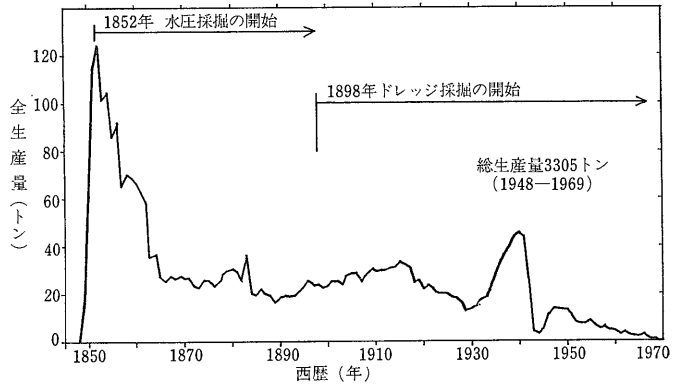
第3図 マザーロード産金地帯産金額 (CLARK 1970原図).

あり 岩石の露出が極めてよいことによる。むしろ写真(2.口絵1など)で紹介するように高所に露出する石英脈はきわめてはつきりしており ゴールドラッシュ以前に探鉱家の注目を集めなかったことが不思議であるが 肉眼的に金鉱がみえる石英脈はきわめて稀であるから 見落されていたのであろう。

1852年 第四紀層の下位の旧河川の含金砂礫層が注目を集め 最初の大規模採掘がプレーサ郡のフォレストヒルで始められた。同時にネバダ郡下やプレーサ郡の一部では最初の水圧採掘 (hydraulic mining) が開始された。この年の産金量が史上最高であり 年間122.3トン (8100万ドル相当) を記録している (第3, 4図)。

1853年 トオラム郡のコロンビアで巨大な第三紀砂礫層が発見され 1860年代初期まで盛んに稼行され 巨大な鉱山集落が生れた。同年 カナダ ブリティッシュコロンビア州のフューザ河でゴールドラッシュが起り 一部の探鉱家はその方面へ移動した。

1854年には 史上最大である 44 kg の金塊がカーソンヒルで発見された。しかし高品位の表層砂金は涸枯し始め 1860年初めにかけては旧河川砂礫層が主たる供給源となった。



第4図 マザーロード産金地帯産金量 (原データは CLARK 1970)。

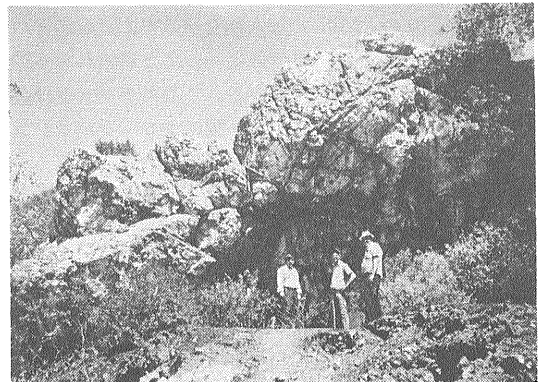


写真2 ハイランチ石英脈露頭 (マリボサ郡)。

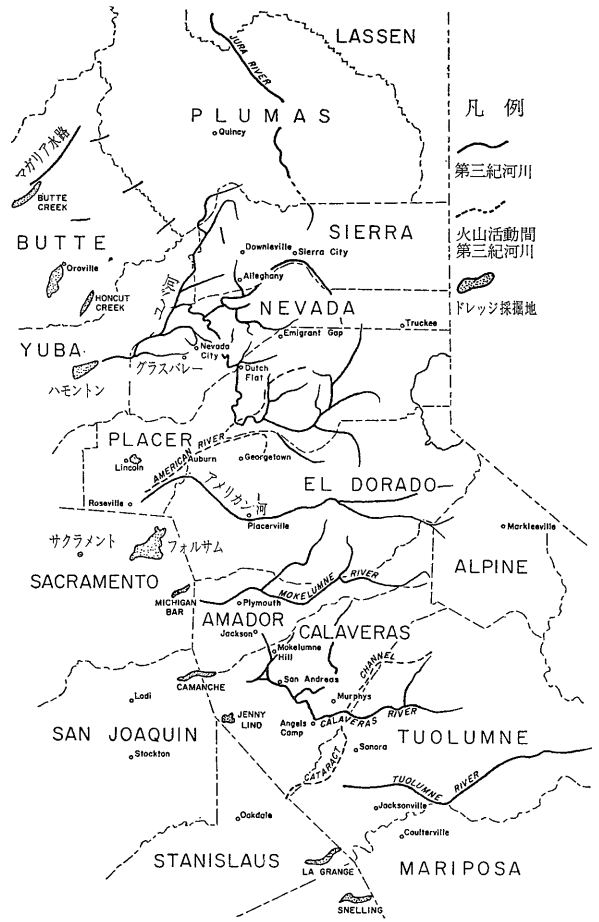
1859年 著名な12kgのウィラードナゲットがビュート郡のマガリアで発見されたが 同一年 ネバダのコムストックで高品位銀鉱が発見され シルバーラッシュがおこり 多くの探鉱家はネバダのみならず 南部カリフォルニアなど内陸に新天地を求めて移動した。生産量はその後急減し (第4図) カリフォルニアのゴールドラッシュは1864年頃終息したと言ってよい。マーシャルの発見以来 わずか17年の期間であった。

その後の産金量は水圧採掘と若干の石英脈採掘で得られたものである。1940年に第2のピーク 産額5100万ドルを記録するが 産金量にすると45トン 全盛時の1/3である。このピークは1933—35年間の金価格の引上げ (\$20.67→\$35/オンス) に基づいており 新価格が探査活動を活発にし 多くの低品位石英脈が探鉱された。さらに低品位砂礫層に大型のドレヅジャーが投入され 産金量の増大を可能にした。なおバケツ式のドレヅ採掘は1898年に開発され 現在まで使われている。

砂金鉱床

シエラネバダは南北600km以上 幅約100km 高さ4000mに達する花崗岩類からなる巨大な山塊であるが 東西からみてその姿は一変する。東側はネバダ州の砂漠へ急斜し山岳の景観を示すが (本誌340号, 1982年の表紙と口絵参照) 西側から見ると丘の集合が連続し序々に高度を東側へ高める (写真3, 4)。砂金鉱床は西縁の緩傾斜面に沿って分布している (第5図)。

砂金鉱床の生成年代は2時期に分けられる。古期鉱床は第三紀初期の河川の残存部分に石英礫と共に産するものである (口絵4-6)。主要河川は6つあり うち5つは西方へ流れ 最北部の1河川のみ北方へ流れている。これら全てから砂金は採掘されたが ネバダシ



第5図 砂金鉱床の分布。(CLARK 1970 原図)。

エラ郡下を流れるユバ河の水系が最も多くの金を含んでいた。これらの河床礫は第三紀後期に火山岩類に覆われ 河川は流れを変えた。この時期の河川は少量の砂金を含むにすぎない。第四紀の浸食作用により第三紀



写真3 西からみたシエラネバダ山脈。山岳とみえない点に注意。手前平坦面は始新世氾濫原 (マリボサ北方)。

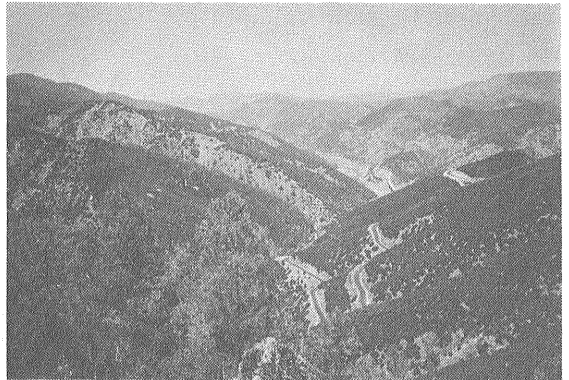


写真4 南北方向 マロネス断層ぞいにみるシエラネバダ西麓の地形 (マリボサ北方)。

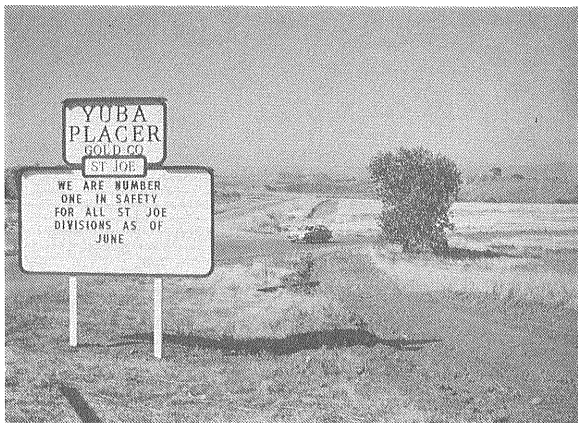


写真5 ユバ川河口の第四紀砂金鉱山入口。 21号ドレッジを13年ぶりに再建し 年間450万立法ヤードの処理鉱石から640—800 kg Au/年の生産を予定している。

の河床礫は 削剝されており 少量残存するにすぎないから 火山岩に覆われ保存されていたチャンネルがしばしば重要な砂金源であった。

新期の砂金鉱床は現在の河川系である。 第四紀の河川は第三紀砂礫層のみならず基盤に切り込んで流出しているから 砂金の濃集はより下流域でみられる (第5図)。 その産状としては 山麓に点在する数立方メートル程度の小規模高品位のものと 平地まで流出して発達した億立方メートル単位の巨大鉱床とに分けられる。 後者の代表例はユバ川の流出口であるハモントン地域 アメリカン河の氾濫原であるホルサム地域の鉱床である。 これらは現在でも稼行されている (写真5)。

### マザーロード地域の構成岩類

シエラネバダ花崗岩山塊西麓の構成岩類は 中—古生

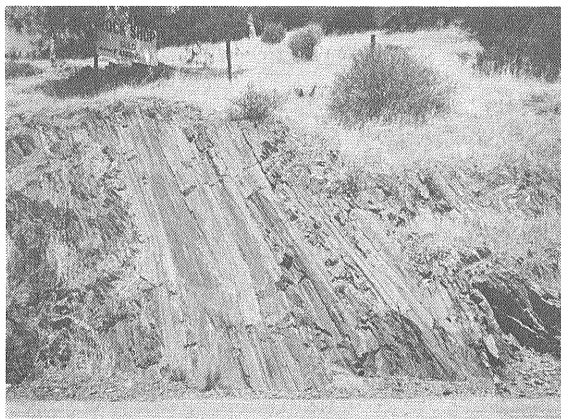


写真6 マリボサ粘板岩。 マリボサ西方 (マリボサ郡)。

代の堆積岩類とそれらが変成した弱変成岩類からなる。 両者とも著しく褶曲し断層に切られ 地層の対比が困難であるが 下位より次の3層に分けられている。

カラバラス層 (石炭—二疊系) : 粘板岩 千枚岩 結晶片岩 珪岩 ホルンフェルス 石灰岩など。

アマドア層 (中上部ジュラ系) : 変成堆積岩 変成火山岩類。

マリボサ層 (上部ジュラ系) : 主に堆積岩 (写真6)

その他南部に ジュラ紀か より以前のカーンビル統 (結晶片岩 千枚岩 珪岩) と全域に多量の白亜紀以前のグリーンストーンと角閃岩が分布する (第6図)。 これら岩石の変成度は南部で一般に高い傾向がある。

以上のほか 超苦鉄質—苦鉄質岩が広く貫入し (第1図) その多くは蛇紋岩化している (写真7)。 以上の岩石にシエラネバダバソリスのトナール岩 花崗閃緑岩類が貫入する。 シエラネバダ花崗岩類は一般には白亜紀の年代を持つが この西麓地域では 白亜紀とジュラ紀を示す数個の年代測定値があるにすぎない。

本地域の南部 マリボサを通る横断面について筆者はかつて不透明鉱物を調べ 西麓の花崗岩類はチタン鉄鉱系トナール岩と一部で両雲母花崗岩であることを報告した。 今回 ユバ郡 サウスフォーク地域で観察したものは磁鉄鉱系に属し (帯磁率  $500 \times 10^{-6}$  emu/g) 西麓の花崗岩類は地域によって異なる系列に属する可能性が明らかにされた。 恐らくシエラネバダ花崗岩類は基本的には磁鉄鉱系からなり 変成度が高い南部の堆積岩源変成岩地域で壁岩の炭素と反応したために若干のチタン鉄鉱系があらわれるものと思われる。

多数の閃緑岩質 アプライト質岩脈が金鉱脈と密接に関連して産出する。

以上の岩石を覆って白亜紀後期—古第三紀の海成層や河床礫が部分的に発達する。 これらはほぼ水平に発達

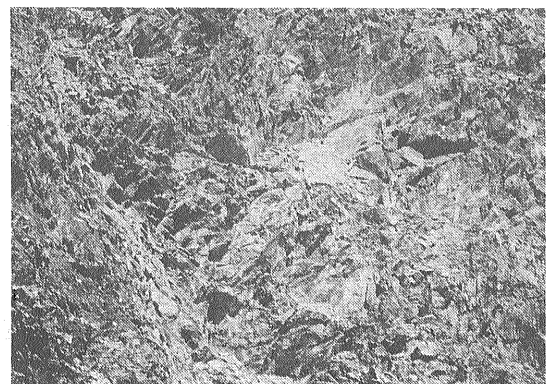
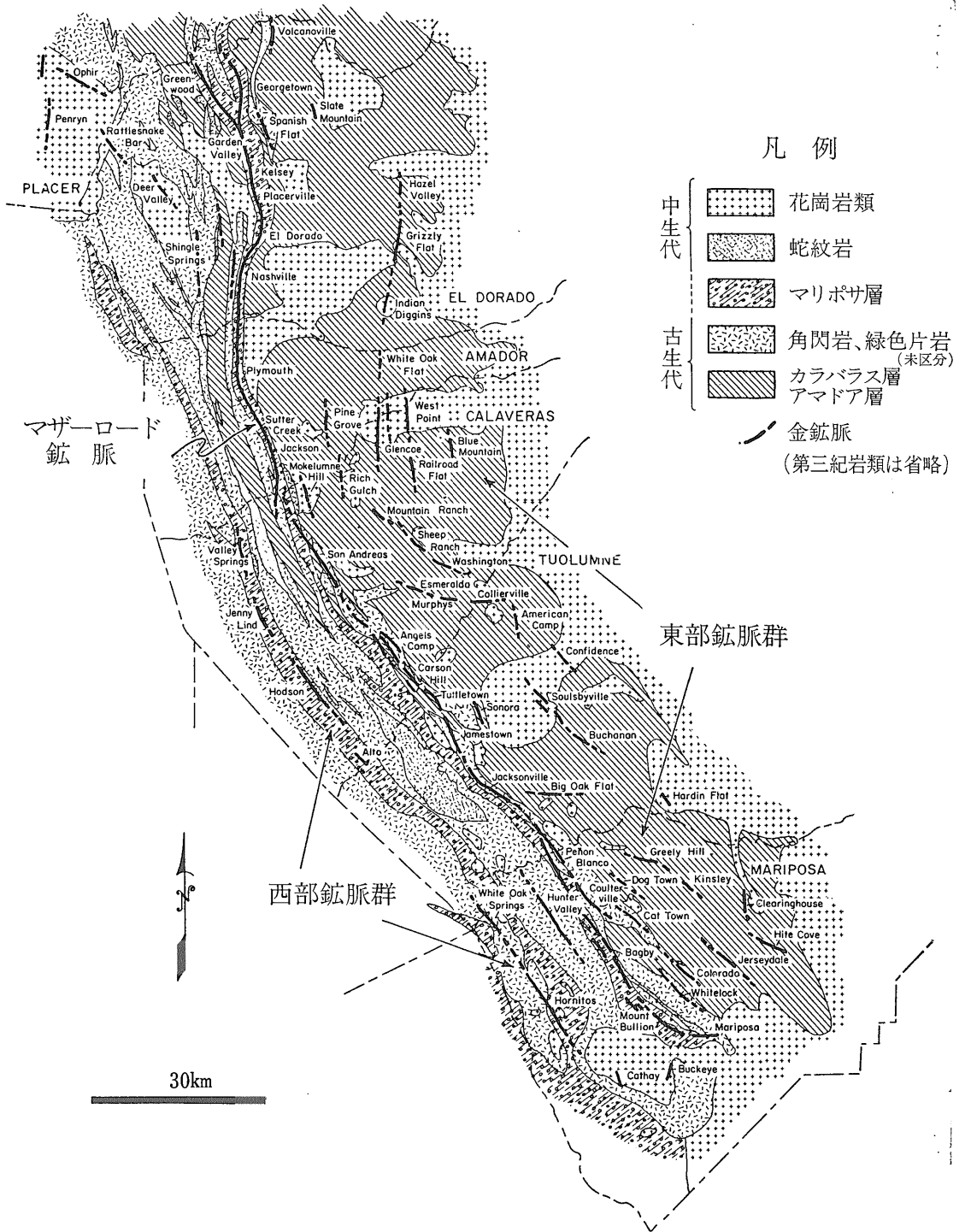


写真7 蛇紋岩露頭。 パインツリー鉱山付近 (マリボサ郡)。



第6図 マザーロード産金地帯の基盤地質図。(CLARK 1970 原図).

し当時の解析谷や凹地を埋めている。すなわちシェラネバダバソリスの西域は傾倒隆起して白亜紀後期には露出しておりそれ以後はゆるい全体的な隆起があったことを示している。これら堆積物やその他基盤岩類を覆って第三紀の溶岩や泥流が一部に発達する。

### マザーロード鉱床の概要

鉱脈は西部中央東部の3群に分けられ(第6図)中央鉱脈群が一般にマザーロードと呼ばれている。北限地域では鉱脈がばらけてまとまりがない(第7図)。マザーロードはこの地域の主要断層であるマロネス(Malones)断層(第2図)ときわめて密接な分布を示す。マザーロードは幅2~6km南北延長200kmにも達するエション状の一大鉱脈群である。鉱脈は蛇紋岩の貫入をうけ著しく圧砕されたマロネス断層帯にほぼ一致する。鉱脈は北東側に急斜一般にうねり分岐

尖滅などをくり返し単一脈は走向延長数100m以下であるが脈幅は数10m以上に達することがある。

石英脈は乳白色縞状構造や晶洞が顕著である。他の構成鉱物としてはごく少量の硫化物(黄鉄鉱)を含むにすぎない。金は現在の鉱石では肉眼的に識別できずかつて発見された著名なナゲットは鉱脈上部のポケット状富鉱部から産出したものである。石英脈に伴われる金は北部の鉱脈群で一般的である。

一方南部では母岩中に炭酸塩化と共に金が産出する傾向がある。ここでは石英脈は低品位で周囲の母岩に鉱染状あるいは石英細脈に伴われて金が産出する。

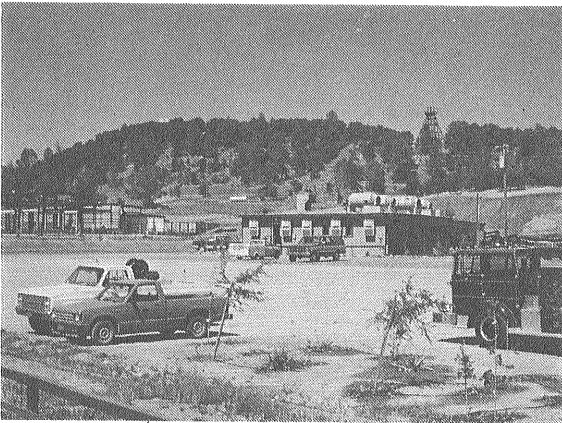


写真8 建設中のソノラ鉱山施設。丘の上の白色は石英脈露頭 その右側は旧斜坑。

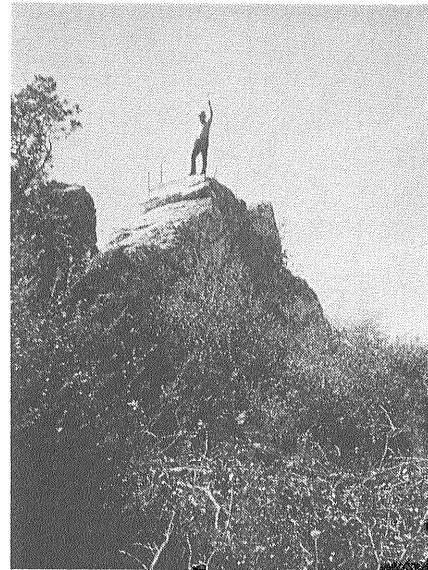


写真9 ソノラ鉱山 丘の上の巨大な石英脈露頭。

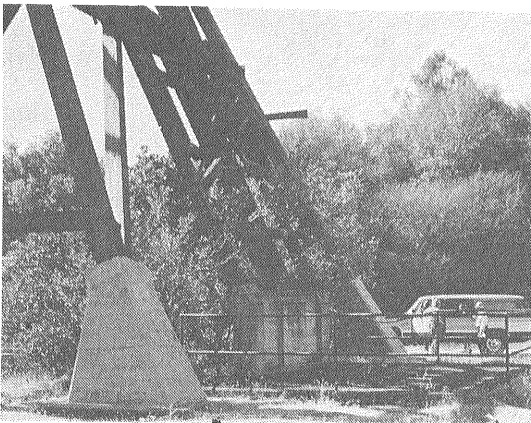


写真10 同 巨大な在りし日の斜坑(60°傾斜)。

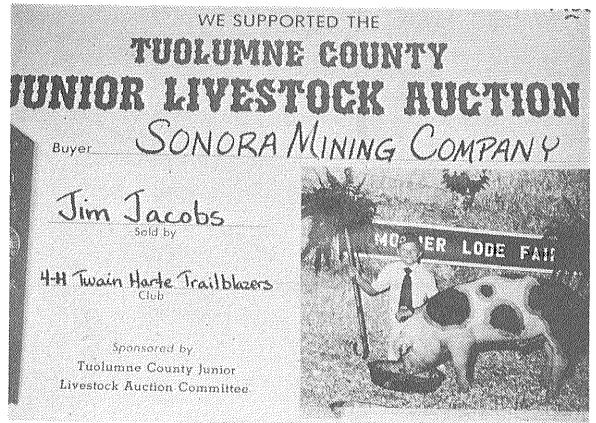
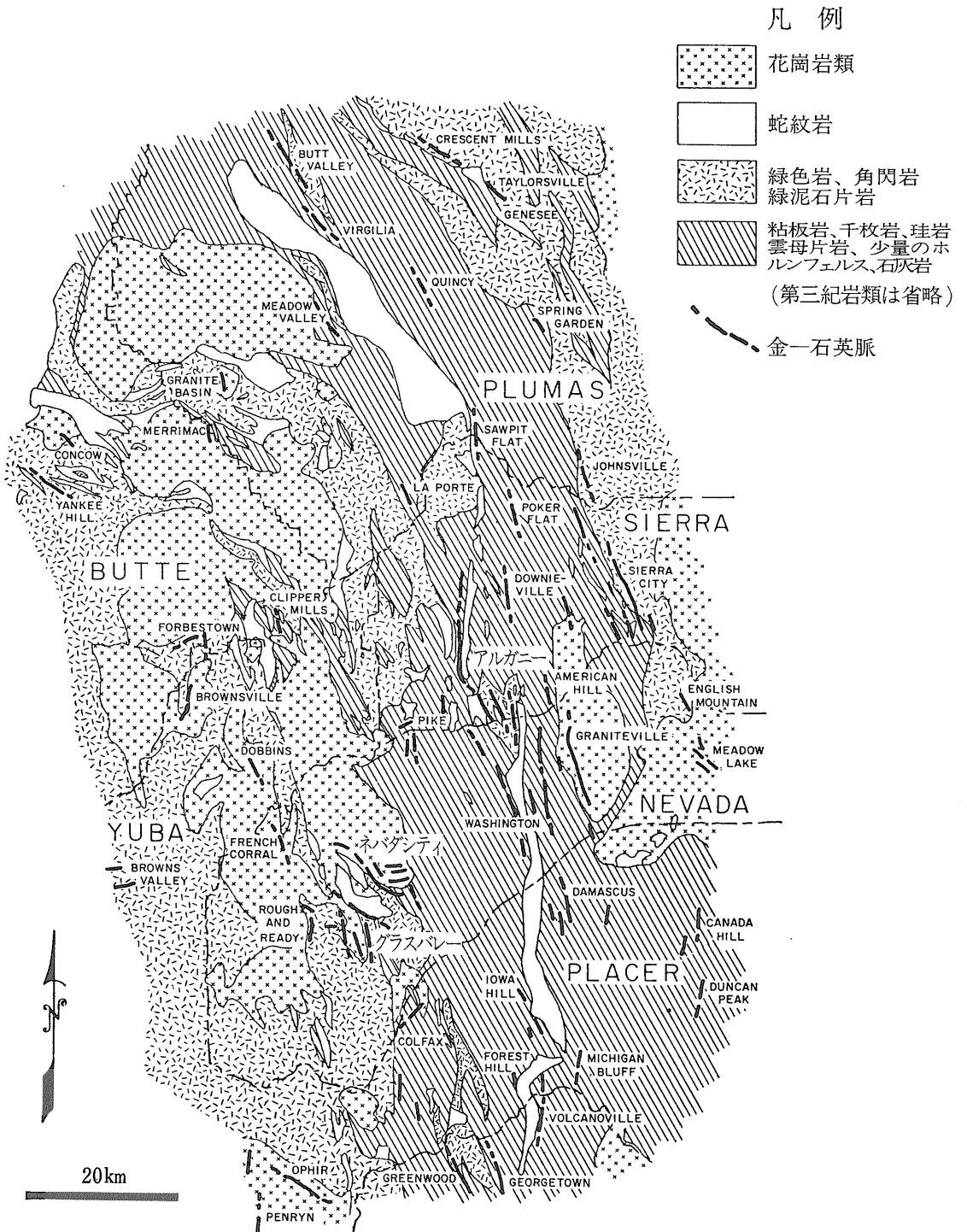


写真11 ソノラ鉱山会社による少年のための家畜品評会の表彰状。当地域には観光事業との競合があり対地域民サービス業務も欠かせない。



第7図 北部地域の基盤地質図。(CLARK 1970 原図)。



第1表 開発が予定されているソノラ鉱山の鉱量 (ソノラ鉱山資料)

鉱床名	鉱石量(トン)	品位(g/t)	含金量(kg)
露天掘り			
ハーバード	8,396,000	2.54	21,326
クリスタリン	2,035,000	1.78	3,622
ローハイド	1,503,000	2.26	3,397
グッチニアップ	6,430,000	2.26	14,532
ジャムパー	4,101,000	1.78	7,300
	22,465,000	2.23	50,097
坑内掘り	11,721,000	4.66	54,620
合計			104,717

鉱化母岩は主としてグリーンストーンおよび結晶片岩であり前者は俗称“灰色鉱石”火砕岩起源の変質岩であり多量のFe-Mg炭酸塩鉱物 ついで絹雲母 アルバイト 石英 3-4%の黄鉄鉱と硫砒鉄鉱を含む。鉱化片岩はもともと緑泥石片岩か角閃岩であり変質鉱物は前者と同様である。

後者は現在の主要な探査対象であって何ヶ所かで探鉱がおこなわれている。品位は盤際で最も高く側方へ一般に低下する。現在露天掘り採掘では2-3g/t坑内掘りでは4-5g/tの品位を基準としてカットオフ決定ピット設計がおこなわれている。ソノラ鉱山の場合には5つのオープンピット一ヶ所の坑内掘りにより総産金量105トンAuの開発計画がたてられている(第1表)。

東部と西部鉱脈群はマザーロードから8-25kmはなれて分布する(第6図)。マザーロードよりは小規模で断続的な石英脈からなる。東部鉱脈群は主にサラバラス層に胚胎するが著しい特徴は花崗岩類にも産することとくにその中に高品位な鉱脈がある。構成鉱物にも違いがあり硫砒鉄鉱 黄銅鉱 方鉛鉱 閃亜鉛鉱 黄鉄鉱などの硫化物が多く含まれる。

一方西部鉱脈群はマザーロードと似ておりこれら硫化物はほとんど含まれず金は微量の黄鉄鉱と共に鉱脈や鉱脈に近い母岩の変成岩中に散在する。

マザーロードの北方約50kmのグラスバレー地域にも一群の金鉱脈がある(第7図)。グラスバレーの鉱脈は興味深いことに緩急2組の鉱脈からなる。花崗岩類と近くの変成岩類中の鉱脈は南北系緩傾斜であり蛇紋岩と角閃岩中の鉱脈は東西系急傾斜である。

鉱脈は櫛状石英 乳白色石英 リボン状石英 角礫化石英で構成され連続的な多時期の石英の沈殿が予想される。炭酸塩鉱物が多く伴われ随伴鉱物として黄鉄鉱 閃亜鉛鉱 方鉛鉱 微量の硫砒鉄鉱 黄銅鉱が含まれる。金はこれら硫化物の割目や角礫化石英に伴って

産出する。

グラスバレーの8km北方のネバダシティでもほぼ同様な環境に類似の鉱脈がみられる。しかしネバダシティの鉱脈では四面銅鉱があらわれ、金や方鉛鉱と密接に産出する金粒がグラスバレーより微粒であるなどの相違がある。両地域のさらに北方にも多数の鉱脈が分布する(第7図)。その中の一つのアルガニー鉱脈については次章で若干くわしくのべてみよう。

### アルガニーのオリエンタル鉱床

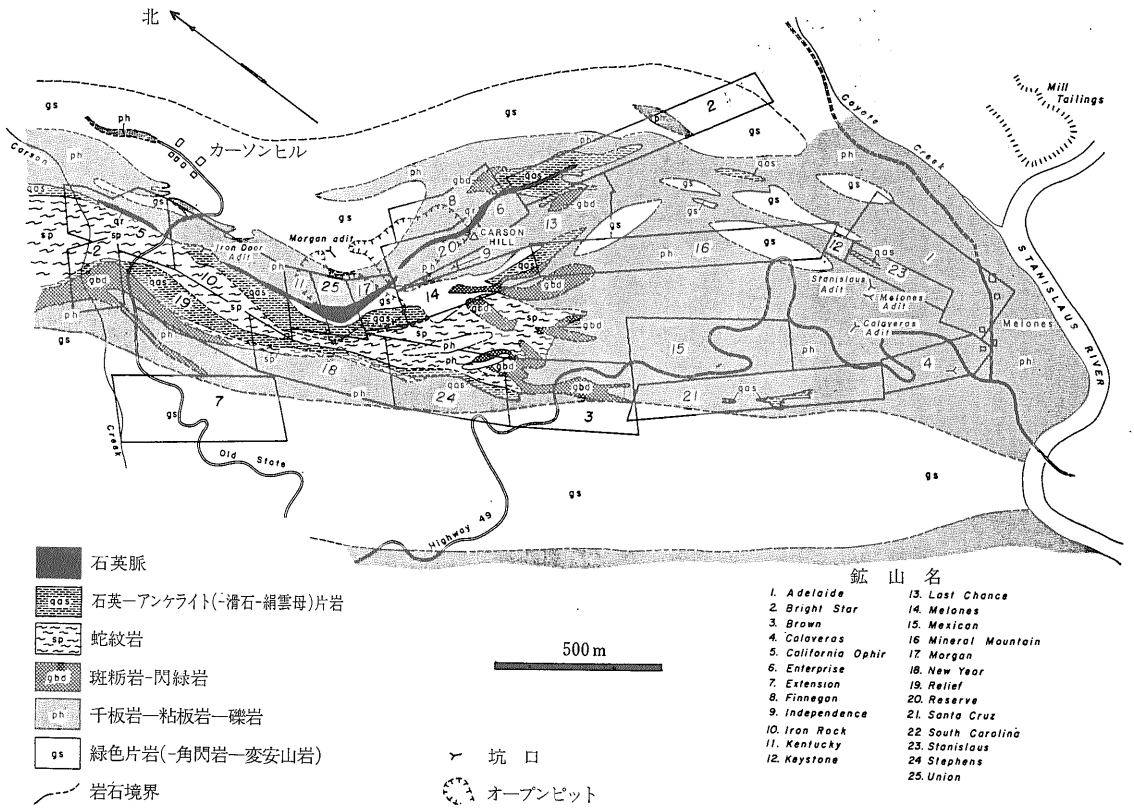
マザーロードの鉱脈は花崗岩地帯の金鉱床の成因的背景を知る上で興味深い。北部地域では鉱床がシェラネバダの花崗岩類と密接に産出する(第7図)。この地域の一つアルガニーのオリエンタル鉱床は最近くわしく研究された(COVENEY, 1981)ので紹介してみたい。

この鉱床はマロネス断層の北方延長に位置し構成岩類は南方の主鉱化地域と同じである。すなわち古生代の堆積岩類と火山岩類を源岩とする弱変成岩が蛇紋岩と花崗岩類の貫入をうける。蛇紋岩は本来古生代と思われるが貫入時期はジュラ紀花崗岩類より前と思われる。

花崗岩類はシェラネバダパソリス主岩体の西方50kmに位置しストック状に産出する。近くの花崗岩類は97-150MaのK-Ar年代を示しておりこのストックもジュラ紀(一白亜紀)と思われる。鉱床に関するストックはほぼ等量の(最大)微斜長石とオリゴクレスからなる黒雲母花崗岩でありマロネス断層と同方向の北々西の片状構造を持ち緑色片岩相に達する広域変成作用をうけている。熱水変質が著しく絹雲母 緑泥石の発達が目撃される。

### 母岩 鉱脈 構成鉱物

鉱床付近で最も卓越する岩石は 変成グレイワック



第8図 カーソンヒル鉱床地質図 (CLARK & LYDON, 1962 原図)。鉱脈は屈曲部 (NW 系から N-S 系へ) で肥大化する点に注目。ここにモーガンピットがある。

珪岩 黒雲母-角閃石片岩である。これらに蛇紋岩の小岩体が含まれ 花崗岩が貫入する。鉱脈は花崗岩体頂部の周辺に 以上を切って生成している (第9図)。

アルガニー地域の鉱脈は一般に北々西系であり これはマロネス断層に派生する 逆断層をみたしたものである。鉱脈沿いのスリッケンサイドなどから判断してこの断層は鉱化後も動いている。鉱化時期は花崗岩貫入

以後 始新世砂金鉱床以前と言うことしかわかっていない。

オリエンタル鉱山の鉱脈は次の3鉱脈からなる  
オリエンタル脈: N65-90°W 25-40°N 地表-1900  
L間に分布

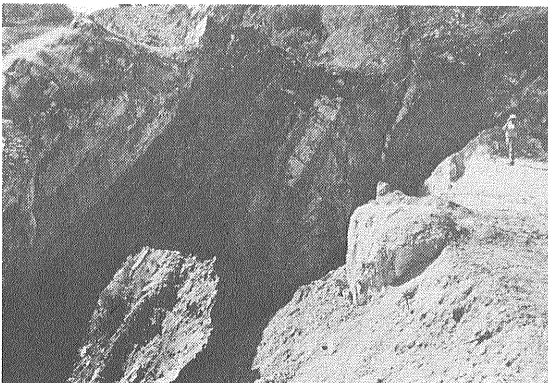


写真12 モーガンピット最上部の採掘跡。



写真13 同地より西方をみる。人工湖ごしに蛇紋岩体中の石綿オープンピットがみえる。



写真14 モーガンピット内の巨大石英脈。乳白色バンディングが著しい点に注目。

カールソン脈：N70-90° E 30-50° N 1100-2390 L  
間に分布

アルタ脈：NNW 40-60° N 地表-200 L間に分布

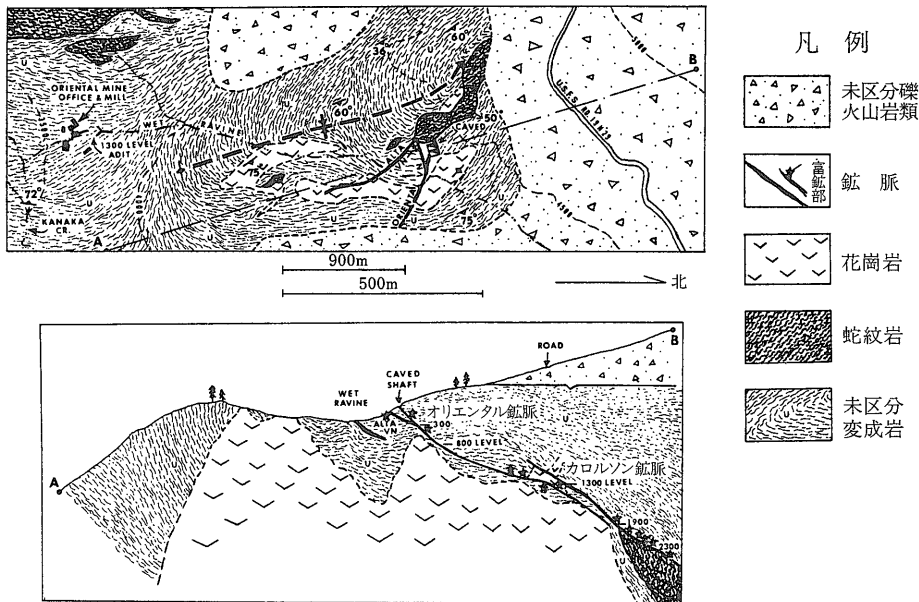
以上の鉱脈はエシヨロンの関係にある。いずれの鉱脈もうねり かつばらけることが多い(第10図)。鉱脈は主に石英 乳白色-灰色のバンディング 角礫化石英がみられる。グラファイト 緑泥石がリボン状に石英脈に発達し このリボンは母岩がとり込まれた中石につながっていることがある。以上の現象は鉱化作用が断層帯に生じて多時期に亘り 鉱化中に断層運動があったことを示している。

中石の周辺には自形アルバイトがみられ 中石にはアンケライトが多く含まれる。鉱脈中の随伴鉱物はアンケライト 方解石 アルバイト 白雲母 緑泥石 ルチル グラファイトである。マリポサイトとグラファイトは蛇紋岩の近くに多い(第10図)。

硫化物としては硫砒鉄鉱と黄鉄鉱が多く 鉱脈中に1-2%存在する。富鉱部では硫砒鉄鉱が唯一の硫化物である。硫砒鉄鉱には1-5 cmの粗粒結晶 1-10mmのプリズム状 針状結晶の3者がある。粗粒結晶は蛇紋岩近くに濃集する傾向があり つねに多量の金を伴う。また後期石英細脈や自然金の微脈に切られている。鉱



写真15 同じく上盤側の変質変成岩中の石英細脈。この盤際の低品位鉱が今後の採掘対象である。



第9図 北部地域  
オリエンタル鉱床の  
地質断面図。  
(COVENEY 原図)。

脈鉱物の生成順序は第11図のようにまとめられる。

石英脈中の金含有量は一般に0.3-1.6 g/t であるが幅5-10mの富鉱部が局部的に発達し(第10図)ここでは平均3000 g/t以上に達する。富鉱部の金はほとんどすべて粗粒硫砒鉄鉱中の微脈かプレブとして存在する。この金はAu 78-84% Ag 15-20%の組成を持つ。一方母岩の花崗岩中の金は黄鉄鉱に含まれその組成はAu 89-99% Ag 3-9%である。金にはHg(0.07%以下)が含まれることがある。カールソン脈の一部には例外的にエレクトラム(Au 65%)黄鉄鉱方鉛鉱ヘッス鉱アルタイトなどが含まれる。

母岩の変質

母岩は鉱脈から3m以下の幅で上下盤とも鉱化関連の変質作用をうけている。その変質作用は原岩との関連で次のような特徴を示す。

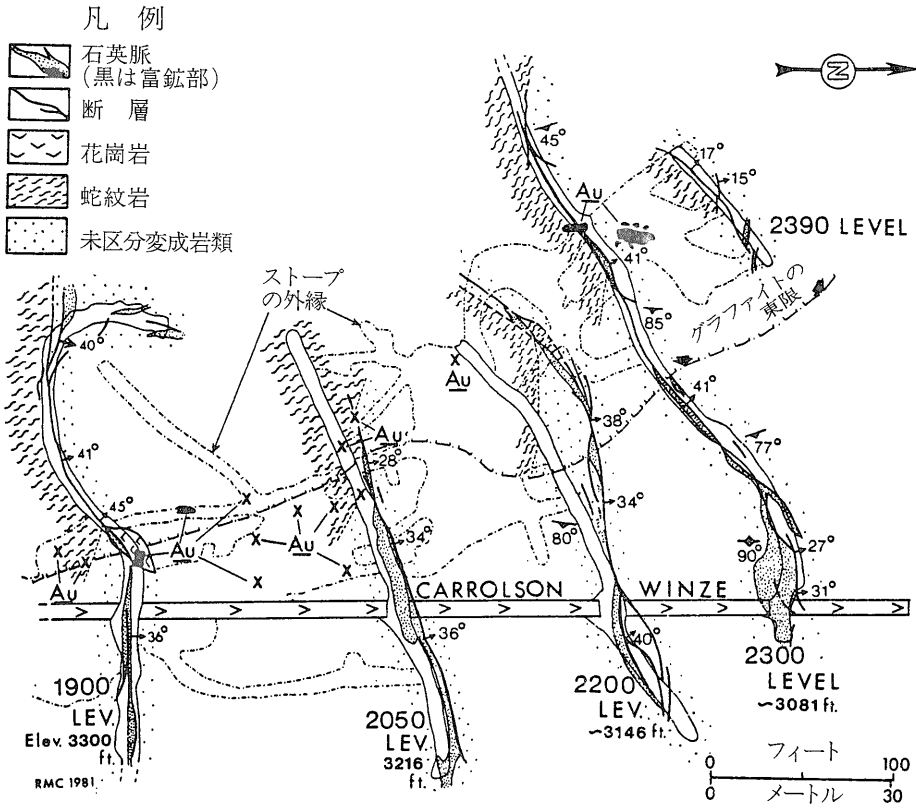
- (i) 珪石 閃雲片岩など:主脈 分岐脈から0-1.5 m幅:石英の溶解 苦鉄鉱物のアンクライト化 絹雲母化 黄鉄鉱 硫砒鉄鉱 磁硫鉄鉱 ルチルなど。
- (ii) 角閃岩:主脈 分岐脈から0-3 m幅:変質鉱物は上記と同じ。
- (iii) 蛇紋岩:主脈 分岐脈から0.6-1.5m 幅:内側は方解石にドロマイト アンクライト マリボサイト。外縁に滑石。
- (iv) 花崗岩:水平節理沿いに0-6.0m幅:石英の溶解 アルバイト化 鉱染状黄鉄鉱 硫砒鉄鉱 アンクライト 絹雲母など。

以上のようにオリエンタル鉱床における母岩の変質は石英の溶脱と炭酸塩鉱物の生成で特徴づけられるが 変質のスタイルと金含有量において花崗岩とその他岩石とに2分される。

変成岩 蛇紋岩中の鉱脈は明瞭な盤際変質を伴い その変質帯は金をほとんど含まない。花崗岩中の変質はオリエンタル脈の主に下盤側に水平の厚い変質帯としてみられ(第12図) 盤際変質帯とは異なるものである。また平均5 g/t程度の金を含む。

この含金変質帯(3 g/t Au 以上)は変質により石英が溶脱し空隙率が高い(モード分析で3-25%)アルバイト化花崗岩であって 金粒は既述のように黄鉄鉱中に完全にとり込まれたプレブであり そのAu純度が高い性質のものである。オリエンタル脈と接する所では 母岩は密アルバイト化花崗岩であり 微量(2 g/t)の金を含むにすぎない。

変質作用による石英の溶脱は化学分析結果でも明らかに認められており 単位容積当りのシリカの溶脱量を原岩別に求めると 第13図の結果が得られる。地表地質図によると鉱床母岩の構成比は変成岩類40% 角閃岩36% 花崗岩14% 蛇紋岩10%であり これらの全岩石の平均値を求めると 変質岩から0.7 g SiO<sub>2</sub>/ccのシリカが溶脱したことになる。これは盤際変質帯1 cm 幅について126 g SiO<sub>2</sub>の溶出を意味し カールソン脈と同容積に必要な106 g SiO<sub>2</sub>を上廻っている。すなわちシリカは母岩から供給された可能性が高い。



第10図 カロルソン鉱脈平面図。 Xは小さな富鉱部 鉱脈幅は約2倍に拡大 (COVENEY 1981 原図)。

流体包有物

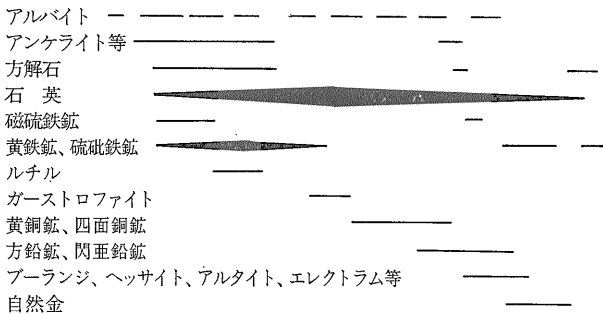
流体包有物には CO<sub>2</sub> 型 (水と CO<sub>2</sub> 液相を含む) と水型 (CO<sub>2</sub> 液相が見えないもの) とがある。前者は鉱脈や変質花崗岩で特徴的であり 後者は高品位部の自形石英で一般的に観察される。娘鉱物は両者に含まれている。

CO<sub>2</sub> 型の包有物は最高 23重量%の CO<sub>2</sub> を含むものと推定される。この型に含まれる娘鉱物は ドウソナイト 方解石 アンケライト 白雲母 パラゴナイト ルチルである。塩濃度は低く 3.5% NaCl 相当以下であるが NaCl 以外の塩化物が予想される。

充填温度は180-255°C (第14図) 23重量% CO<sub>2</sub> 充填

度0.7としてP-T アイソクロンを求めると 200°Cにおいて最小圧力670バールが得られる(第15図)。この型の包有物には沸とう現象は認められないから 鉱化を規定した実際の圧力は鉱脈流体の蒸気圧より大きく かつ鉱化温度も充填温度より大きかったはずである。

水型包有物は初生と二次性 (金鉱化作用以後) のものがある。娘鉱物としてはドウソナイト アルバイト 雲母類が含まれる。塩濃度は非常に低い。充填温度は120°-280°C 金富鉱部では他の部分よりやや低温であり 180°Cと130°Cにバイモダルピークを持つ (第14図)。前者は多くの娘鉱物を含み 金鉱物の 晶出温



第11図 鉱脈構成鉱物の晶出順序。

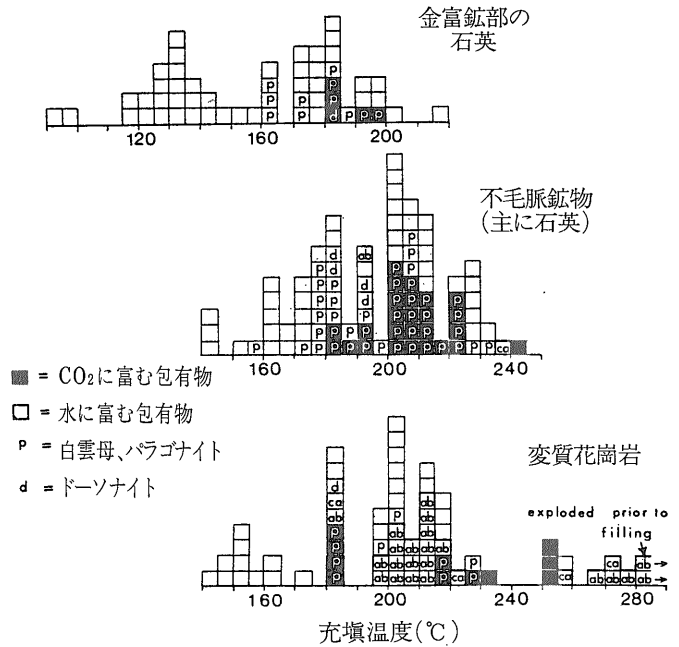


蛇紋岩化との関係

マザーロードの鉱脈は蛇紋岩と密接に産出し 両者との成因的關係を暗示している。蛇紋岩化に伴って H<sub>2</sub> ほかの還元剤が発生することは一般によく知られているが オリエンタル鉱床でも その原岩に少量の Ni-Fe 鉱物 (awaruite) が産出し また蛇紋岩を中心に グラファイトフロントが認められている (第10図)。 Sixteen To One 鉱床では炭酸塩脈を切るクリンタイルが報告されており (Cooke, 1947) 鉱化作用との關係を暗示する。

MARSHALL & TAYLOR (1980) はアルガニー地域の 蛇紋石-磁鉄鉱ペアの 酸素同位体温度を280-320°Cを報告しており これは流体包有物から得られた鉱化温度の高い方に非常に近い。この温度が蛇紋岩化と鉱化との同時進行を示すのか あるいは蛇紋岩化が早期で 引続く鉱化時期に再平衡に達したものであろうかは不明であるが 少なくとも鉱化時期にも 蛇紋岩化は進行しており 放出された H<sub>2</sub> ガスなどが金鉱物の沈殿に大きな影響を与えていることは明白である。

鉱液中の金の運搬形態については 現在硫化物あるいは塩化物であるとする2つの意見が示唆されているが (HELGESON & GARRELS, 1968) オリエンタル鉱床では後述するように前者の可能性が高い。蛇紋岩化により大量の H<sub>2</sub> が放出され鉱液と出会うと たとえば AuS<sup>-</sup> + 1/2 H<sub>2</sub> → Au<sup>0</sup> + HS<sup>-</sup> の反応によって 金はたちまち沈殿する。また炭酸塩鉱物を還元し グラファイトフロントを生ずるであろうことも 実際の産状をうまく説明

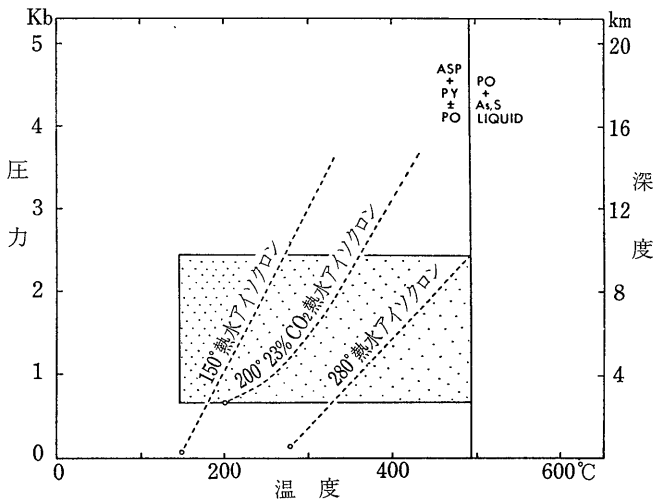


第14図 初生 二次包有物の充填温度 (n=213)。多くは石英 一部はアルバイト (ab) 方解石 (ca) などの包有物を測定。包有物に含まれる娘鉱物の雲母は石英脈に多い。変質花崗岩中の高温包有物は娘鉱物と CO<sub>2</sub> を欠く。(COVENEY 1981 原図)。

している。

金の起源と運搬形態

近年 金鉱床の金の起源については 変成あるいは熱水過程による母岩からの側方分泌説がポピュラーとなっており 蛇紋岩を起源とする提案もある。(KEAYS & DAVISON, 1976)。オリエンタル鉱床の場合 既述のよ



第15図 鉱化温度の推定 (打点ボックス。ボックスの下限 (670 パール) は ときにみられる23重量%の CO<sub>2</sub> を含む流体の沸騰を防ぐ圧力。上限の 2,500パールは水に富む包有物の 280°C アイソクロンと硫砒鉄鉱-黄鉄鉱境界線491°Cの交点から求めた。py: 黄鉄鉱 asp: 硫砒鉄鉱 po: 磁硫鉄鉱。(COVENEY 1981 原図)。

うにシリカは明らかに母岩から溶脱されており 鉱脈に供給された可能性がある。しかし 盤際変質帯の炭酸塩鉱物は多量であり その Ca については母岩からの供給では説明できず 深所起源が必要である。

金について検討してみよう。カrolソン鉱脈は平均脈幅 40 cm その盤際変質帯の平均幅は 180 cm で 4.5 倍である。鉱脈は平均 1000 ppb の金含有量を持っており それが盤際変質帯から供給されたとすると 原岩の変成岩類は 222 ppb Au を含有しておらねばならず この値は一般 あるいはセラネバダ地域の変成岩の金含有量 (2-4 ppb) より著しく大きい。母岩から来たとなると大規模な熱水循環機構を考えなくてはならない。

COVENEY (1981) は Ca と Au はセラネバダ花崗岩類に由来すると考えている。その場合に鉱脈近傍の花崗岩類はその片状構造を切るスティルブノメレンを含むので当地域の低緑色片岩相の広域変成作用の前に貫入したものと考え 潜在する他のセラネバダ花崗岩類が金の供給源であったと予想している。

オリエンタル鉱床の鉱脈には黄鉄鉱と硫砒鉄鉱が早期に晶出しており 鉱液が還元 S, As 種に富んでいたことを示している。また流体包有物中に少なくとも 2 容量%のドーソナイトを含むことは鉱液にこの鉱物種が多量に (0.34M) 溶存していたことを暗示する。H<sub>2</sub>S を含む中温熱水性 Na- 炭酸塩水に金は著しく溶け易く また中〜アルカリ性の高温熱水では金のチオ化合物は溶け易い。したがって オリエンタル鉱脈の場合も中性〜アルカリ性鉱液に硫化物の形で金は運搬されて来たものと思われる。

## む す び

マザーロードの鉱脈はセラネバダ山塊の西麓で マロネス断層で代表される熱水が通り易い構造帯に形成された。花崗岩は熱源としてのみならず Au S の供給源としても重要な役割りを果たしたものと思われ そこに

セラネバダバソリスが存在することは偶然ではない。

鉱床は深度 2.5-9 km の深部で 変質花崗岩中の鉱染鉱は 340°C 以上 鉱脈中の金は 200-300°C の比較的高温で形成されたものと思われ 我が国のような火山に伴われる浅熱水性金鉱床と比較して 高温高压の特色を有する。母岩の蛇紋岩は還元性ガスを放出し 金鉱物を沈殿せしむるに重要な役割りを果たしたであろう。

マザーロードは古第三紀には地表に露出し 河川に流出し 砂金となった。砂金は一部火山岩に覆われ保存され 再流出した砂金は平野部に第四紀砂金鉱床を形成した。これらの砂金が 1848 年のゴールドラッシュを生み 数多くのエピソードと愛しのクレメンタインとを残した。残存する鉱量は低品位ではあるがまだまだその再開発計画は現在着実に進められている。

謝辞：この小文はアメリカ地質調査所 F. C. W. DODGE カリフォルニア州地質鉱山局 R. C. LOYD 両氏の現地案内があって完結することができた。両氏に心からお礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- CLARK, W. B. (1970) Gold districts of California. Calif. Div. Mines Bull. 193, 186p.
- CLARK, W. B. and LYDON, P. A. (1962) Mines and mineral resources of Calaveras County, California. Calif. Div. Mines and Geol. County Rept. 2, 217p
- COVENEY, Jr., R. M. (1981) Gold quartz veins and auriferous granite at the Oriental mine, Alleghany district, California. Econ. Geol., v. 76, p. 2176-2199
- DODGE, F. C. W. and LOYD, R. C. (1984) Gold districts of the Western Sierra Nevada: Field Trip Guide. U. S. Geol. Surv., Open-File Rept. 84-169, 25p
- HELGASON, H. C. and GARRELS, R. M. (1968) Hydrothermal transport and deposition of gold. Econ. Geol., v. 63, p. 622-635
- KEYES, R. R. and DAVISON, R. M. (1976) Palladium, iridium and gold in the ores and host rocks of nickel sulfides deposits in Western Australia. Econ. Geol., v. 71, p. 1214-1228.