

カリマンタンの金鉱床

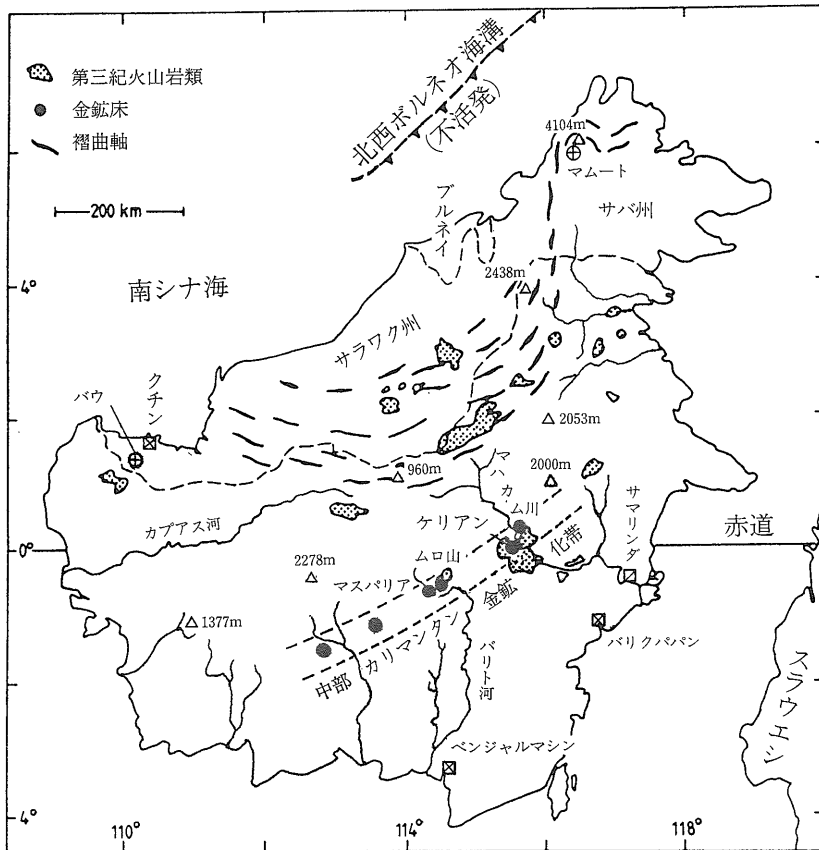
石原舜三¹⁾・富樫幸雄²⁾

まえがき

ボルネオ島は面積74.6万km²、本州の約2倍の面積を持つ世界第3位の大島である。赤道直下にあつて、年間平均3200mm以上の降雨量を持ち、密な熱帯雨林に覆れる。中央に山脈が走り、最高峰は北端のもクナバル山

(4104m)、一般には2000-2500mの中央山地から四方に河川が流れ(第1図)、周辺の低地帯となる。この傾向は海域にも連続し、遠浅がボルネオ島を包み、そこにも豊富な資源、石油や天然ガスが存在している。

ボルネオ島は政治的には、南部がインドネシアの東・西・中・南カリマンタンの4省、北部はマレーシア連邦



第1図 ボルネオ島の第三紀火山岩類と主要金鉱床。マレーシア側とカリマンタン側の2群に分かれる。

1) 地質調査所 所長
2) 地質調査所 鉱物資源部, 現在国連 ESCAP

キーワード: 金鉱床, カリマンタン, ボルネオ, インドネシア, ケリアン

のサバ・サラワク州の2省および石油・天然ガスで豊かな小国、ブルネイからなる。ボルネオ島はインドネシアではカリマンタン島と呼ばれる。カリマンタンとは“ダイヤと金の河”の意味だそうである。4世紀頃から中国人によって砂金探しがおこなわれていたらしい (Simmonsら, 1989)。しかし砂金の起源はわからなかった。ところが最近、カリマンタン中部のマハカム河支流のケリアンなどでついに根源岩が発見された (Van Leeuwenら, 1990)。フィリピンの豊富な地下資源 (Au, Cu など) を思うとき、その南南西方のボルネオ島にも期待が高まる。ここではケリアン鉱床を中心に、この島の金鉱床を紹介してみたい。

発見の歴史と開発計画

ケリアン支流を含むマハカム川上流部の鉱床探査は、1930年代のオランダ人地質家によるものが最初であった。彼等はケリアン河口に石炭層を発見したが、金については何ものべていない。ケリアン河の最初の砂金は、1950年代に原住民のダヤク族により発見され、小規模なゴールドラッシュが起った。1958-1963年の政府の公式記録には100-300 kg/年の生産量が報告されているが、実態はそれ以上であったであろう。

1979年の金価格の上昇で再び砂金とりが始った。ピーク時には10,000人に達したと言う。人々は全て手作業でピットを掘り、梶がけで砂金を採集した。現在にみる動力の導入 (口絵3) は1986年以降である。1955年以降この地で採集された砂金は20トンと見積られている。

現在のオーナーであるリオティントインドネシア (RTI) の地質家はゴールドラッシュが小康状態であった

1975年、ケリアン川沿いの砂金の評価に入山した。そして第四紀と現世の砂礫層の分布は川沿いの局部に限られていて、砂金量はあまり期待できないが、含金量位は高くかつ自然金は初生状態をよく保っていることから、近くに初生金鉱床発見の可能性が高まった。

翌1976年、露頭と河礫調査、梶かけ重鉱物サンプリング、河川堆積物分析 (Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn) からなる地質調査が、ケリアン河とその支流 (テブ, バヤク, 第3図参照) で開始された。火成岩 (黄鉄鉱化凝灰岩) の露頭はケリアン河の一部に限られていたが、転石はテブ, バヤク支流に多量にみられた。テブの上流のプラムバス地域では100個の転石分析のうち40個が0.1-7.9 ppmAuの異常を示した。

他の有力なサポートは梶かけになる辰砂と自然金異常であり、これは現鉱床の16km下流の本流から現れている。

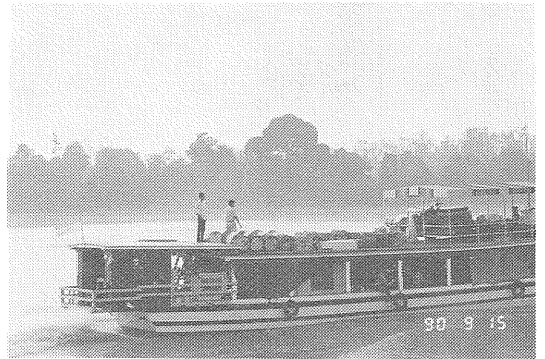


写真2 マハカム川の貨客船。今回チャーターした3隻のうちの一つ。

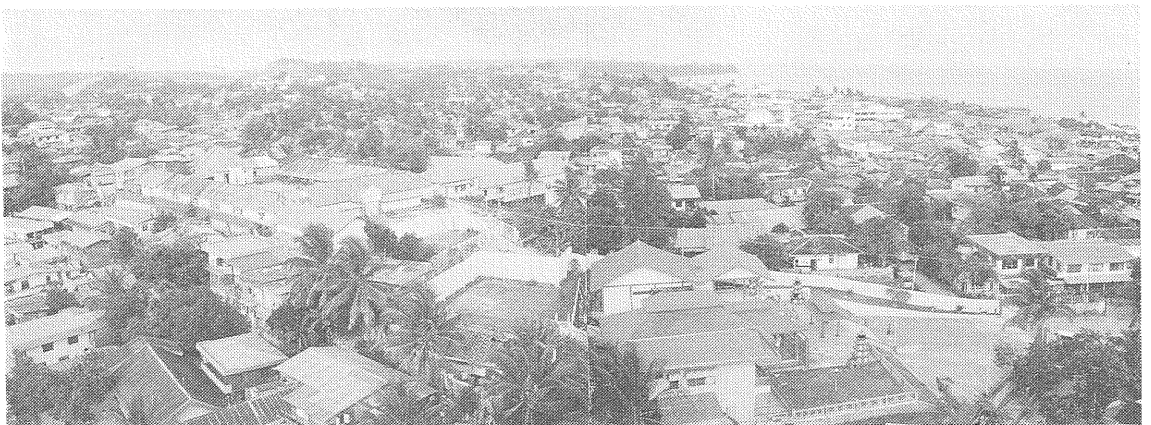


写真1 東カリマンタン州の首都、バリクパパン。沖合には石油採掘に伴う炎がみえる。ケリアンに入るには空路当地に達し、車でサマリンドへ北上し、船に乗る。



写真3 筏による木材出荷。筏上のドラム罐は識別用で夜は油を燃し、船との衝突を避ける。

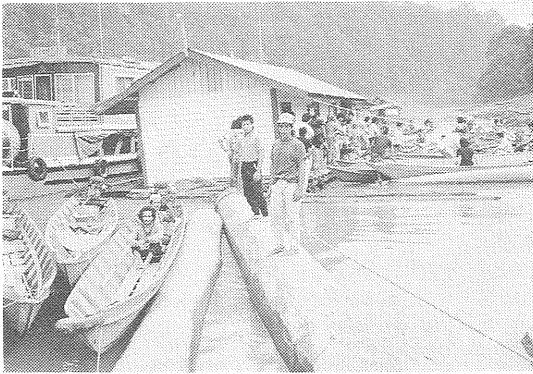


写真4 ケリアン河への乗換地。ここで左後の母船クメラナ号を降り、2人ずつ底が浅いカヌーに乗換える。



写真6 小動力を使ったダイヤモンド採掘。川の中央、砂金より深い所にダイヤモンドはあると言う。

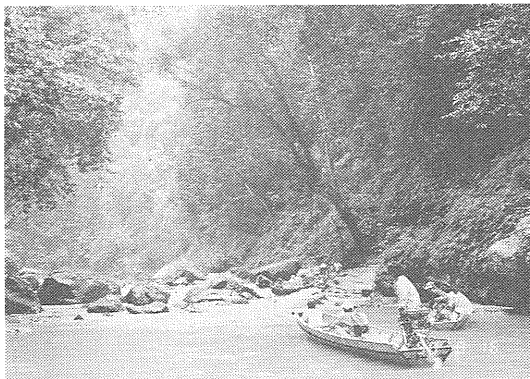


写真5 浅瀬ののり切りを待つカヌー。急流では案内人は降りてカヌーを押し、客も体重移動しないと動かない。

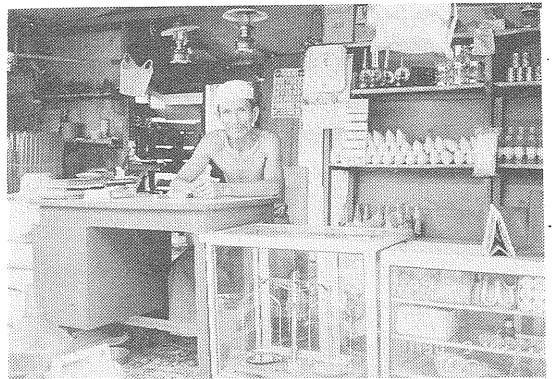
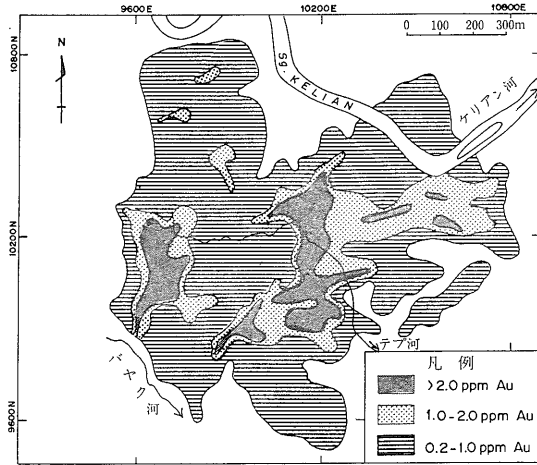
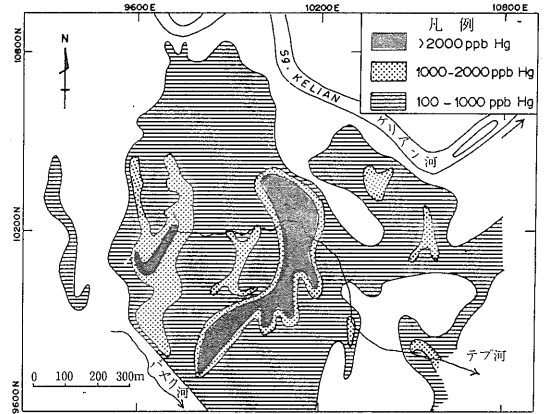


写真7 ダイヤモンド、砂金の買上げ商人。中央の天秤で厳密に計量できる。



第2図 土地地化探による金の異常 (P. T. Kem, 1990a 原図).



第3図 ケリアン, 土地地化探による水銀の異常 (P. T. Kem 1990 a 原図). Au と酷似する点に注目.

た。またテブ、バヤク支流の堆積物は全て Au, Ag, As, Pb, Zn 異常を示した。

テブ、バヤク支流には岩石露頭は全くなく、したがって引続く探査ステージでは土地地化探が最も有効であった。ハンドオーガで腐植土下位(1m以内)の土壌を、水平的に間隔50m, 高度差20m毎に採取し, Au, Ag, As, Pb, Zn の分析をした結果, +0.2ppmAu 異常地が1km²にわたって得られ(第2図), 更に南北方向に2列の2ppm Au 異常が識別された。これは後述するように安山岩貫入体と流紋岩質凝灰岩接触部にほぼ相当する。他成分では+2ppmAg と+300ppmPb がこの+2ppmAu 異常に相当する。

その後 IP 探査実施時に潜在鉱床を狙って Hg が加えられた(第3図)。+100ppbHg 異常は 0.2ppmAu 地域にみられ, これは熱水変質帯の輪廓を意味する。2,000ppbHg コンターは 2ppmAu コンターとよく一致する。

ケリアン鉱床探査の特色は, 風化が著しいためにその後の調査が人工露頭を中心になされたことである。ピットとトレンチは延べ4.2kmに及び, 道路建設に伴う6kmの露頭でチャンネルサンプリングが行われた。ハンドオーガ調査は深度平均3.6mのもの4200本, ボーリングは6本であった。

この当時, 金価格は US \$ 200-250/オンス, それに必要な鉱石品位は 4g/t であった。しかし1979年の金価格の上昇で探査は元気づけられ, 1980-1981年に38孔のボーリングが追加され, 1985年のインドネシア政府との開発協定締結後に454孔が堀削され, 確認鉱量5,950万トン(品位1.74g/t 含金量103.5トン), 推定鉱量1,840万トン(品位2.01g/t, 含金量37.0トン)が得られた。

筆者らの訪問時(1990年9月)には居住区はほぼ完成し

第1表 ケリアン鉱床における探掘計画 (ケリアン鉱山資料)

ピット名	東ブラムバス	西ブラムバス
水平サイズ	800×600m	250×550m
最大深度(海拔)	840m(地表より-430m)	1,130m(地表より-140m)
ベンチ間隔	20, 40m	20, 40m
ベンチ幅	8~19m	8~18m
ピット傾斜	39~62度	44~61度
鉱量:		
酸化鉱(確定)	3,297kt @2.17g/t Au	994kt @1.36g/t Au
初生鉱(同上)	48,629kt @1.69g/t Au	6,600kt @1.92g/t Au
初生鉱(推定)	17,931kt @2.02g/t Au	502kt @1.84g/t Au
合計	69,857kt @1.80g/t Au (含金量125.7t)	8,096kt @1.84g/t Au (含金量14.9t)

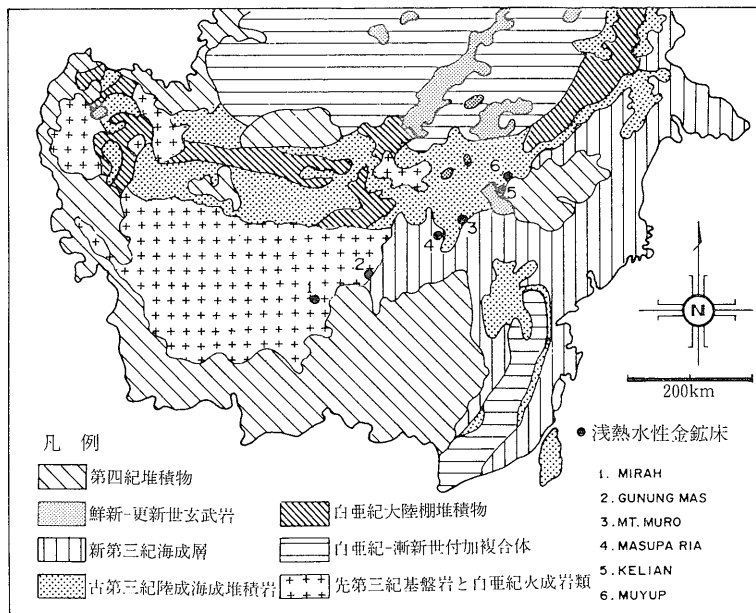
(写真8), クラシャーと製錬所の建設が急ピッチで進められていた。採掘は東ブラムバスピット(800×600m, 深さ430m)と西ブラムバスピット(250×550m, 深さ140m)の2つのオープンピットで行われる。計画の概要を第1表に示す。操業開始の1990年初頭の最終的な現地人雇用者は1200人に達し, 本鉱山は地域経済に著しい貢献をしている。

カリマンタンの広域地質

カリマンタンで最古の地質単元はスندگانドクラトンの一部である中一古生代堆積岩・火山岩とこれに貫入する白亜紀花崗岩類である。これは南部に分布する(第4図)。次なる単元, 幅約150kmの白亜紀-漸新世の付加複合体(大陸棚堆積物, タービダイト, オフィオライト, メランジュ)はその北西側に分布する。この単元にはNE



写真8 開発中のケリアン鉱山全景。北西方をみる。1990年9月。



第4図
ボルネオ島南部の地質略図
(Van Leeuwen ら, 1990).

方向の褶曲軸や断層が発達し、NW-SE 方向の横圧力を受けて生成したことを物語っている。

同様な沈み込み帯に伴う付加複合体は先第三紀基盤の北縁や北東方にも知られている。その後、古第三紀陸成一海成層と新第三紀海成層の発達に特に東部にみられるが、これらが石炭・石油・天然ガス層を胚胎する。これらは部分的に火山活動を伴う。

漸新世後期—中新世前期火山活動はカリマンタン西部・中部・北東部に分布し、噴出岩と浅所貫入岩からなる。組成は安山岩または粗面安山岩質で、中部カリマンタン金鉱化帯（第1図）もこの時期の火山活動に関係している。K-Ar 年代は 24.0-14.4 Ma を示す。この火山活動は一部では中新世後期まで続く、鮮新—更新世には島の中央部でプラトー玄武岩が活動している（第3図）。

漸新—中新世火成活動に対する一つの解釈は、現在の北西ボルネオ海溝沿いの南東向きのサブダクションによるものである（第1図）。その場合のアーク／トレンチギャップは400km以上で大きすぎる。ほかにサブダクション後の張力場での地殻深部溶融説などが提案されているが、データが少なく今後の研究の進展にゆだねる所が多い。

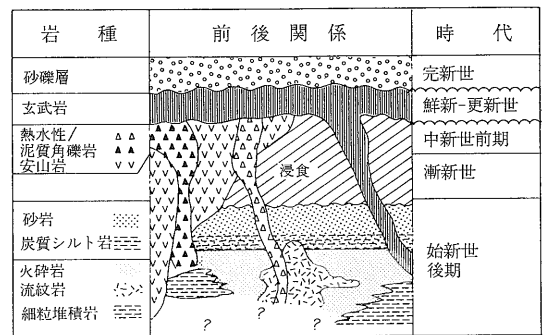
ケリアンの地質

ケリアン付近で最も古い岩石は珪質凝灰岩類であり、

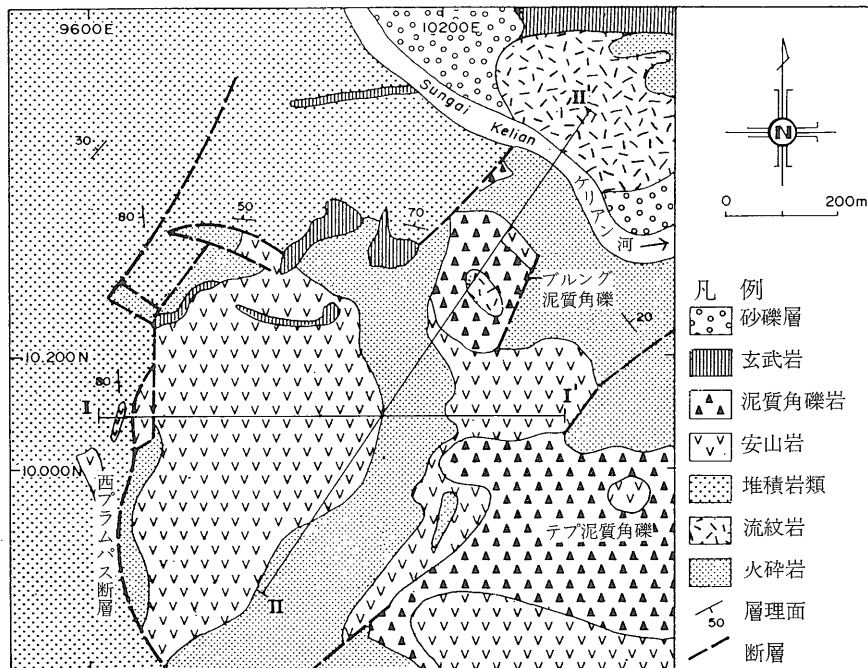
少なくとも 300m の層厚を持つ。これは始新世上部の化石を含む石灰岩を夾む砂岩・シルトストンと漸移関係にあるので始新世と思われる。この地層は地域西部で炭質頁岩やシルト岩、更に砂岩やマールに覆われる。これらの地層は、とくに地域西部で断層運動による傾動をうけている。

漸新世以降は堆積作用はなく（第5図）、この地域は陸化し始新世の地層は1.5-2.5kmに達する削剝をうけた。部分的には安山岩—デイサイトの噴出と岩脈などの貫入があり、金鉱化をもたらした。粗面安山岩の K-Ar 年代は 23Ma（中新世初期）を示す。これらを不整合に鮮新—更新世玄武岩が覆う。

ケリアン鉱床には次のような火山岩類が卓越する（第



第5図 ケリアン地域の火成活動史 (Van Leeuwen ら, 1990)。



第6図 ケリアン地域の地質図 (Van Leeuwen ら, 1990 原図)。

6図).

火砕岩：最下位層。流紋岩質凝灰岩，一部で溶結している。軽石，珪長鉱物結晶，本質～異質岩片を種々の比率で含むため，ガラス質凝灰岩から凝灰角礫岩に至る幅広い組成変化を示す。一部で堆積物やスランプ角礫を夾む。上部へ向けて一般に再生物質が多くなる傾向がある。

流紋岩：これは河の北側に直径 200m の岩体，また泥質角礫岩中（第 6 図）や，ボーリング孔（深度 170-200m）の小岩体としてみられる。径 5 mm 以下の石英や変質長石の斑晶を含み，流理構造が一般に認められる。流紋岩岩脈は火砕岩を切るが，全体としては火砕岩とほぼ同時期の生成物と思われる。

堆積岩：本岩は下部が主に葉片状炭質シルト岩と細粒砂岩，上部は層理面や分級の発達がよく中粒砂岩で炭質層やレンズを夾む。

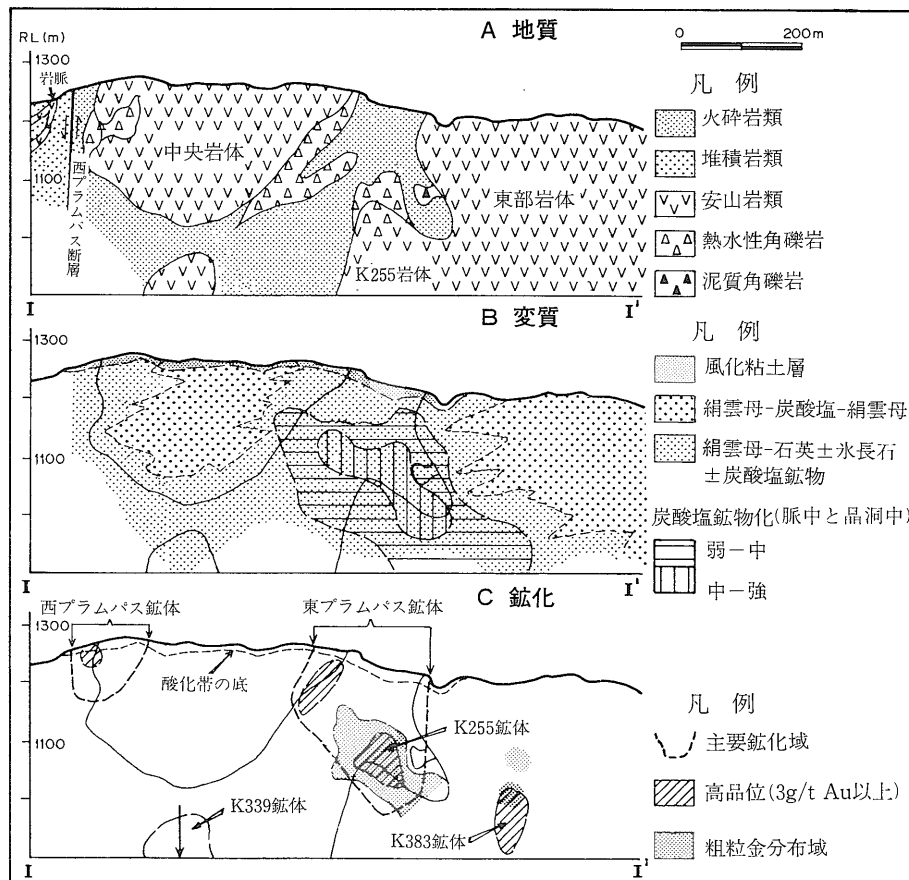
安山岩類：これはプラグや岩脈状に産し，地表では中央岩体，東部岩体，岩脈，K 255 岩体などに分けられているが，ボーリングによると後 3 者は深部では一連の岩体である（第 7 図）。本岩は著しく変質しておりその原岩を

識別しがたいが，岩脈と中央岩体を構成する安山岩と，東部，K 255，そして中央岩体の東部を占める粗面安山岩に大別しうる。前者は斑晶として変質斜長石，少量のカリ長石，角閃石，まれに輝石，石英，燐灰石を含む。後者はカリ長石が多い，石英を欠くなどで識別しうる。

周縁部には急冷相が認められることがあるが，断層接触や熱水性角礫で周囲と接し，貫入関係が不明のことが多い。しかし流紋岩礫を含み，流紋岩より後期の貫入岩である。K-Ar 年代は 22.9Ma が得られている。

熱水性角礫岩（写真 11）：ケリアン鉱床には各種の角礫岩があるが，広く分布し重要なものはここに記す 2 種類である。熱水性角礫岩は熱水の圧力で生成したと思われるもので，火砕岩や安山岩に熱水鉱物脈や割目が入っただけのものから完全に角礫化したものまでみられる。礫種は周囲の岩石で，全般に変質が著しい。熱水性角礫岩は後述するように，ケリアン鉱床の主要鉱化変質作用に関係するもので，4 時期に亘って生成されたものである。

泥質角礫岩：これは暗灰色頁岩の角礫岩であるが，著しい特徴は礫/マトリックス比，岩種，変質など，あらゆる



第 7 図
ケリアン鉱床の地質，変質，鉱化東西断面図 (Van Leeuwen ら, 1990 原図)。断面線の位置は第 5 図。

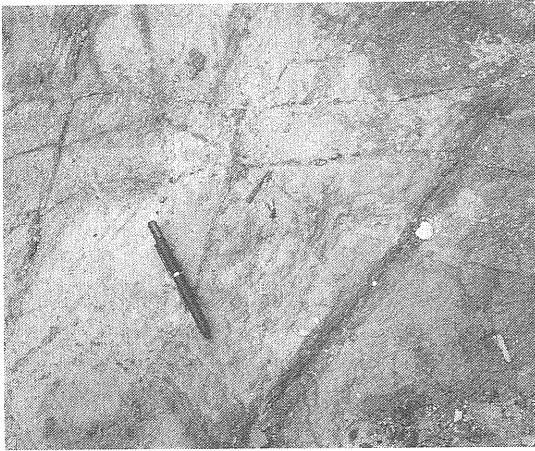


写真9 網状割目が発達し、全体に粘土化変質が著しい斑状安山岩 (S T-12).



写真11 熱水性角礫岩 (S T-5).



写真10 石炭層 (右側) に貫入する安山岩岩脈 (S T-19).



写真12 泥質角礫岩 (左右の黒色部) に貫入するペブル岩脈 (白色部) (S T-9).

る面で不均質な点である。礫種は頁岩の他、凝灰岩と流紋岩であり、安山岩礫は安山岩体の近くで見られる。主要岩体はブルング、テブである (第6図)。本岩は一般に南北方向に配列する傾向を持つ。幅30m以下の岩脈やペブル岩脈 (写真12) なども見られる。

泥質角礫岩は、恐らく流紋岩質火砕岩より下位にあった砂岩／頁岩層の泥質部が細粒化、流動化し、ダイアピール状に上昇したものと思われる。流動化は構造運動に起因し、マグマからの熱や熱水爆発によって加速されたものと考えられる。上昇貫入の時期は明らかに安山岩よりも後期、鉱化作用終了より前である。

玄武岩：本岩は地域北西部に少量分布する。Ca斜長石、単斜輝石、かんらん石を斑晶に持ち、溶岩と断層沿いの岩脈として産出する。鉱化変質は受けず、鉱化後の鮮新

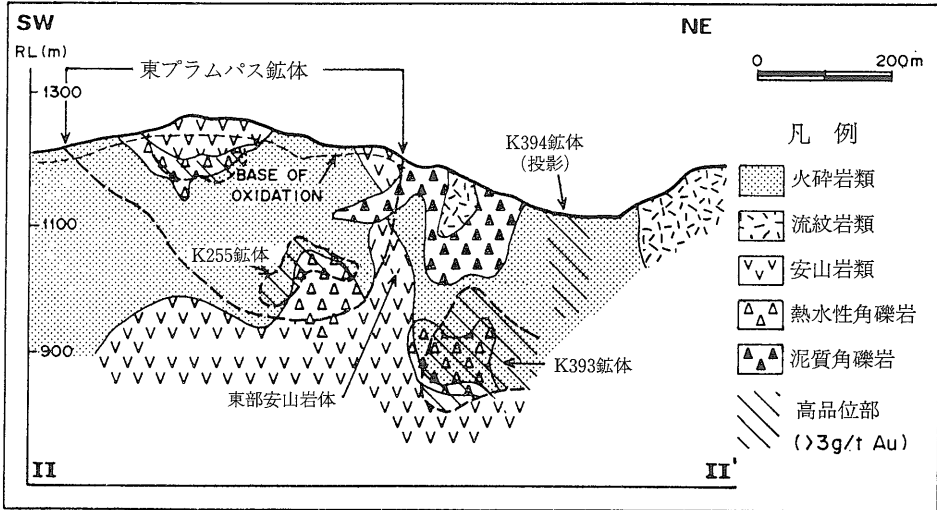
—更新世の産物と思われる。

変質と鉱化作用

ケリアン地域の変質作用は地表の Au, Hg 異常 (第2, 3図) と同じく 1km² に及び、深度は 600m に達する。この中に2つの主鉱体、東と西プラムパス、4つの衛星鉱体 (K339, K383, K393, K394, 第7, 8図) がある。プラムパス両鉱体と K394 鉱体は露出し、他は潜頭性である。K255鉱体は東プラムパス鉱体の高品位部である (第2, 7図)。母岩は流紋岩質火砕岩類、安山岩類、熱水性角礫岩である。

変質鉱化作用は重複する4時期に分けられる。

第I期：大きな安山岩岩体の中心の緑泥石+炭酸塩鉱物



第8図
ケリアン鉱床の北東—
南西地質断面図 (Van
Leeuwen ら, 1990 原
図)。断面線の位置は
第5図。

＋絹雲母＋黄鉄鉱土緑簾石

第II A期：局所的な破砕化と絹雲母石英。

第II B期：高温で (290°-330°C)，低塩濃度 (0.5-4.2 重量%NaCl 相当)，CO₂ に富む熱水の沸騰に伴う母岩の破裂化と熱水角礫化。交代変質と脈状変質型の水長石＋絹雲母＋石英＋黄鉄鉱。As＋Ag と少量の Au 鉱化を伴う。深部では水長石を欠き，上部では沸騰時に CO₂ が逸散するために水長石が増加。

第III期：東プラムパスを中心に熱水活動の再活発化。熱い (300°-330°C)，CO₂ に富む塩水 (>10%NaCl) が著しい母岩破砕と熱水性角礫化をもたらす。沸騰により炭酸塩鉱物土石英絹雲母変質と Au-Ag, Pb-Zn 鉱化が生じた。炭酸塩鉱物の C, O 同位体比はマグマ起源の値を示す。

第IV期：終息期の低温 (<200°C)，低い pH (3-4)，CO₂ に富む熱水活動によるカオリン±Fe/Mn 炭酸塩鉱物＋黄鉄鉱土赤鉄鉱土と辰砂の沈殿。

最も多い硫化物は黄鉄鉱で一般に 1-10 容量%，東西プラムパス鉱体では 3-4% 含まれる。黄鉄鉱は径 5 mm 以下で鉱染状に母岩に散点する。ごく少量の硫砒鉄鉱，方鉛鉱，閃亜鉛鉱も同様に産出する。硫化物の産状としてはほかに，細脈状 (幅 2 mm 以下)，晶洞充填などがあり，後者は熱水性角礫岩で一般的である。

東，西プラムパス鉱体は局所的な高品位部 (700g/t Au) を除き一般に 1-3g/t の品位を持ち，その形は断層で切断される西プラムパス鉱体の西縁を除き，品位で規制されるものである。金鉱化のポナンザとしては，西プラムパス鉱体の地表付近，中央安山岩岩体の東縁沿い，K 255 安山岩の頂部 (第7図) などがある。

金粒は 250-1 ミクロン以下であり，105 ミクロン以上

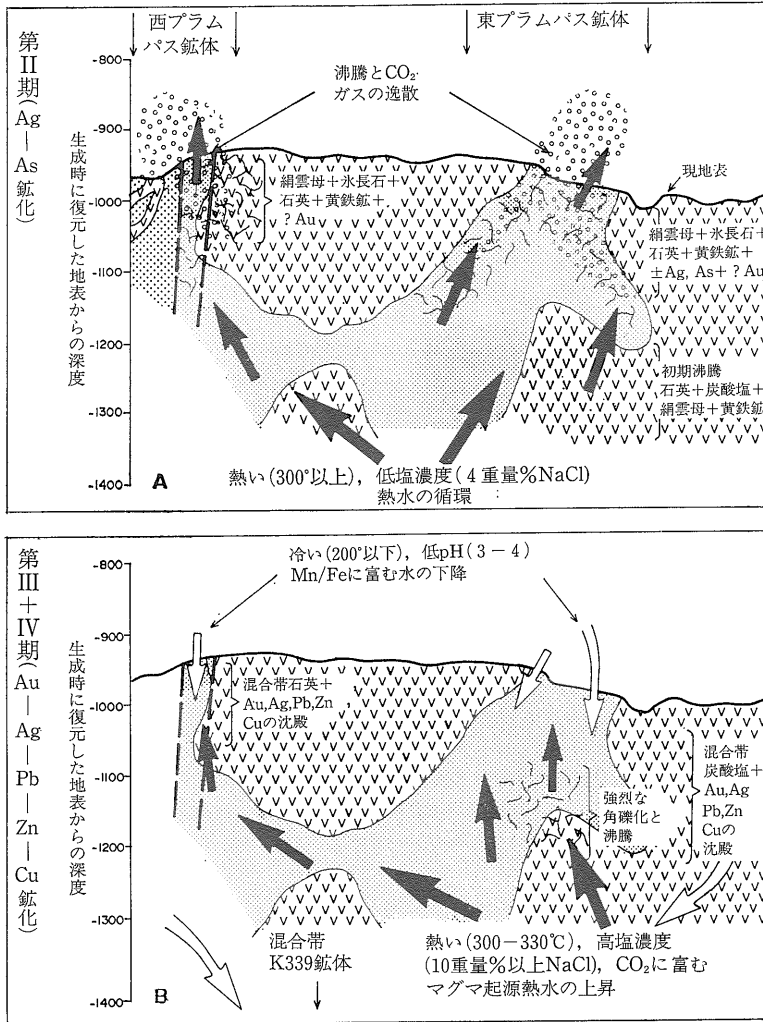
の粗粒金は東，西プラムパス鉱体では少量散在するにすぎないが，K 255 鉱体で多く産出する (全自然金の15%以上)。粗粒金は脈や晶洞に産出する炭酸塩鉱物の量と相関する。自然金は鏡下で(i)黄鉄鉱他の硫化物に共存する。(ii)硫化物の境界に産出する，(iii)金を含む黄鉄鉱を切る割目をみたとす，(iv)晶洞に炭酸塩鉱物と共生する，(v)第III期変質鉱物を切るカオリン—絹雲母脈と共存する，(vi)第III期閃亜鉛鉱を切る炭酸塩鉱物脈に共存する，などの産状を示す。金鉱化作用には第III期を中心に何回かのパルスがあったものと思われる。

自然金の Ag 含有量は 0~30% に変化し，Ag に富むものが多い。平均値でみると東，西プラムパス鉱体では一般に Au : Ag = 1 : 2，これが高品位部では 1 : 1 となる。衛星鉱体では K 394 を除き 3 : 1 であり，更に Au/Ag 比が高い。

生成モデル

漸新世末か中新世初めの頃，ケリアン地域の堆積物と火砕岩は東西方向に圧縮を受け褶曲し，かつ N-S, NE-SW 方向の断層で切断された。23Ma 頃，安山岩類がこれら弱線に沿って貫入した。その後 (2 Ma 以内) 地表水が弱線沿いに下降し，地下の貫入岩からの熱水と共に熱水循環系を生じた。

最初の熱水 (290°-330°C，CO₂ に富み NaCl は 0.5-4.2 重量%) は，特に安山岩と火砕岩との境界部に熱水性角礫を生成せしめた。そして不透水性の安山岩で緑泥石—炭酸塩鉱物—絹雲母変質 (第I期) を，透水性が高いゾーンに絹雲母—石英—黄鉄鉱変質をもたらした (第II期)。この第II期は破裂化，角礫化，シーリングとボイリング



第9図 ケリアン鉱床の生成モデル図 (Van Leeuwen ら, 1990 原因). A: 第II期熱水活動による割目の生成 Ag-As と鉱化作用. B: 第III+IV期熱水活動と Au-Pb-Zn 鉱化作用.

が繰返され、CO₂が逸散する上部で水長石が晶出すると共に絹雲母の生成が減少した。この過程で硫化物や若干のAuも沈澱した(第9A図)。

熱源の上昇による第III期の熱水(300°-330°C, CO₂に富む, NaCl 10%以上)はメタル濃度も高かったものと思われ、沸騰により鉱石鉱物をもたらした(第9B図)。特にK255安山岩の頂部はシーリングによる高ガス圧が予想され、ガス抜けによる著しい沸騰現象が強炭酸塩鉱物化やボナンザの形成の原因となった。第IV期に低温、酸性、Mn/Feに富む地表水が第III期に生成した角礫化帯などを通じて流入し、熱水は酸性酸化型に変化し、やがて熱水活動は終息した。

その後この地域は隆起による侵食を受け、鉱化部分を

含めて900mの削割があった。鮮新-更新世には玄武岩がこの地域を覆い、その後玄武岩のほとんどと鉱体の一部が更に浸食されて、ケリアン河の砂金と化した。

ケリアン鉱床は以上のように、著しい絹雲母化、水長石やMn炭酸塩鉱物の出現、低い硫黄フェグантиティで示され、水長石-絹雲母型浅熱水性鉱床の特徴を備えている。しかし次の諸点で典型的なものとは異っている。

- (1) 生成温度が300°Cをこえるなど高すぎる。
 - (2) 相対的に高い塩濃度
 - (3) 鉱化作用はハイレベル火山岩でなく貫入岩に関係
 - (4) 深い鉱化深度。現状で、600m, 復元して900m
 - (5) 石英脈と珪化作用に乏しい
- すなわちケリアン鉱床はポーフィーリー型よりのエピソード型と言える。

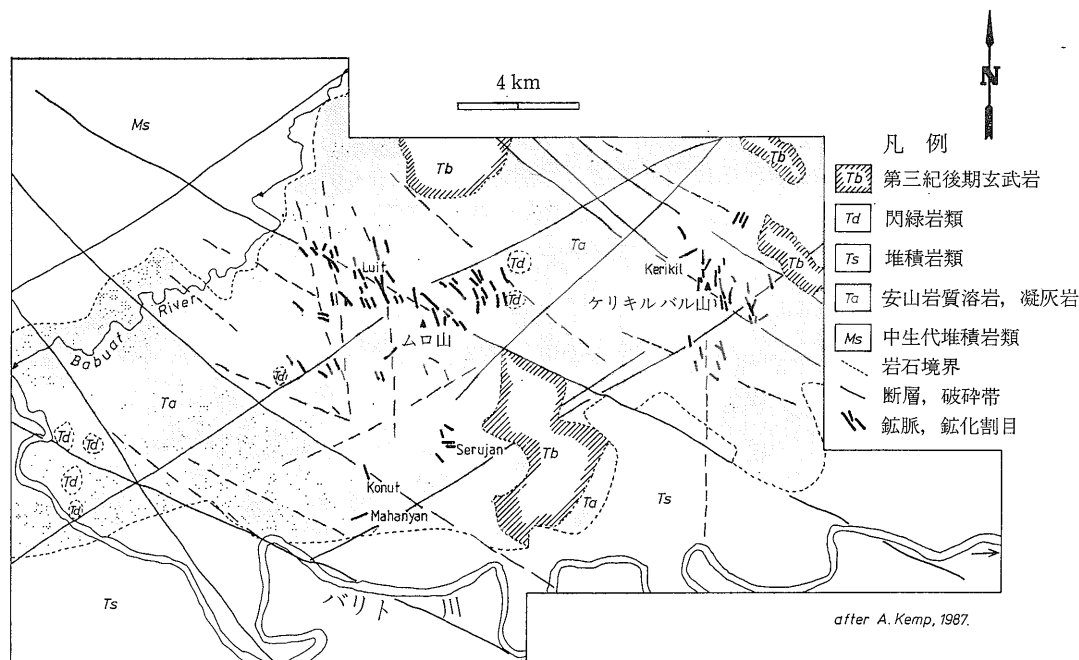
ムロ山プロスペクト

この金プロスペクトは中央カリマンタン金鉱化帯に属するが、ケリアンの南西方、バリト河の上流部、海拔100-400mの所にある。付近の構成岩類は主に第三紀陸成溶岩、凝灰岩、火山角礫岩などで、カルクアルカリ岩系に属するもの

である。これらは貫入岩としてもみられる(第10図)。また最末期の玄武岩も部分的に残存している。地域北西方には褶曲した中生代堆積岩類が、南方には第三紀堆積岩類が分布する。

この地域には、NW系とNE系の共役断層が発達し、これはSLAR画像でも明瞭に認められる。しかし金鉱化は別のN~NNW系割れ目の規制を受ける石英脈型で、約10km離れたグヌンブルーとグヌンムロに集中する(第10図)、前者の西縁に分布するケリキル鉱脈は最も大規模、高品位で、NNW急傾斜、走向方向に1000m以上連続する。母岩は斑状安山岩溶岩、玄武岩質安山岩岩脈、火山角礫岩などである。

鉱化作用は何回かの熱水性角礫化を挟んで4時期に分



第10図 ムロ山プロスペクトの地質略図 (Simmons ら, 1990 原図)。

けられる。金は第Ⅱ期の熱水性角礫化に、あるいは第Ⅳ期の縞状石英—硫化物脈に伴って高品位である。鉱脈は石英が主体で、少量の氷長石、方解石、菱マンガン鉱を伴う。エレクトラムと硫銀鉱 (Ag₂S) は細粒、30ミクロン以下、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、コペリンと共存して産出する。盤際変質は石英—絹雲母—黄鉄鉱の組合せである。流体包有物の研究から鉱液の性質は207–253°C、≤4.1重量% NaCl 相当、<4.0重量% CO₂ と推定される。以上からこの石英脈は典型的な中性、アルカリ塩化物地熱活動で生成されたものと思われる (Simmons ら, 1990)。

ムロ山プロスペクトの金鉱化作用は東方のケリアンや西方のマスパリア (第1図) のものと比較して、丁度中間的な性質を持っている。ケリアンでは高温・高塩濃度で斑岩に関連していると思われるのに対し、マスパリアでは100m に達するシリカキャップがあり、これには明ばん石も含まれる。ムロ山頂にはシリカキャップが残存しており、ムロ山プロスペクトの鉱脈も酸性変質帯に覆われていた可能性がある。

ムロ山の鉱脈は典型的な氷長石—石英脈型、すなわち中性鉱液型であるが、地表近く(100–200m)の酸化環境下では含有硫黄分の酸化により硫酸酸性水を生じアルカリ元素の溶脱がおこった。現在では深度400–500mの部分が露出しているものと思われ、フィリピンのバギオ、菱刈鉱床などと同様に典型的なエピソード型鉱床と言える。

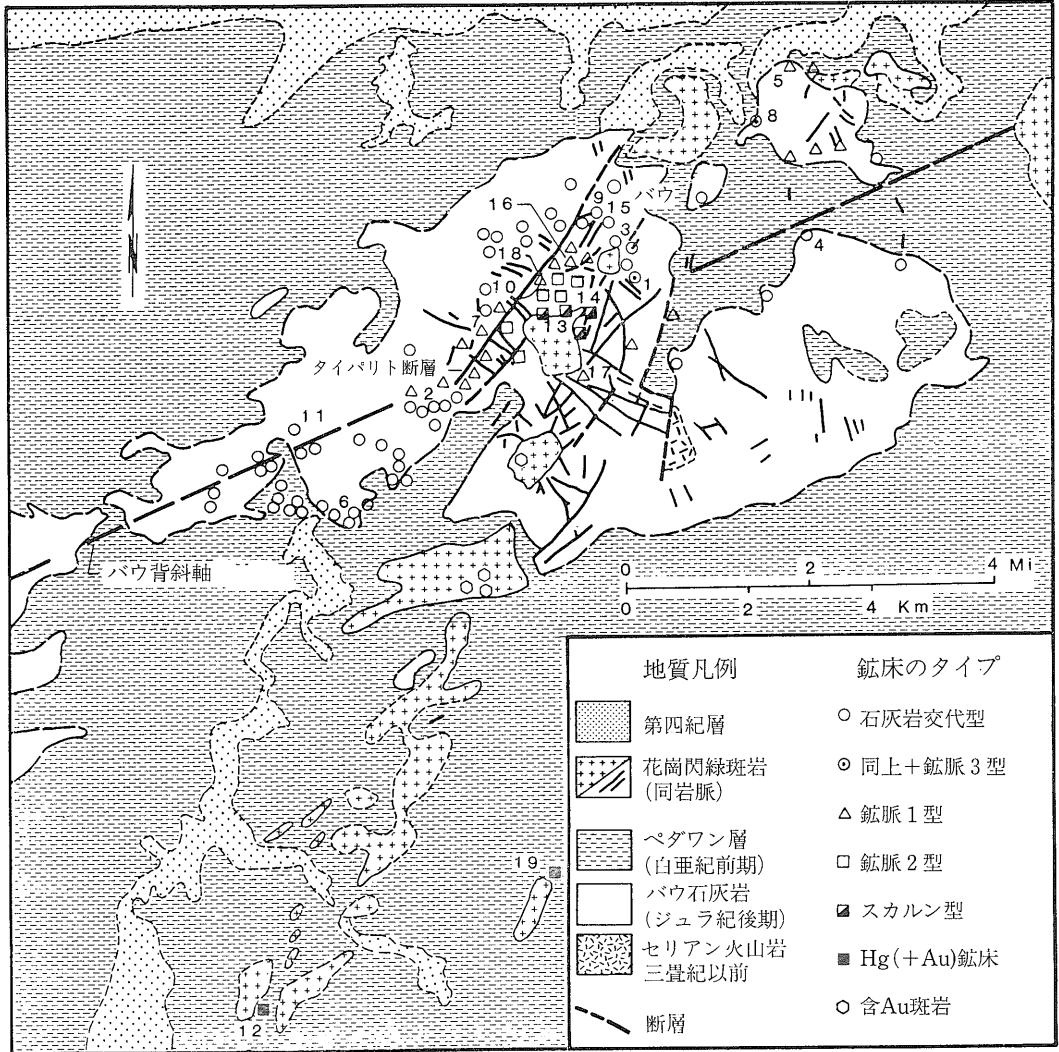
サラワク・サバ州の鉱床

以上のように中央カリマンタン金鉱化帯は石英—氷長石型のエピソード型鉱床で特色づけられるのに対し、マレーシア側では含金ポーフィリー型銅鉱床(マムート)、カーリン型金鉱床(パウ)などフィリピンに多い型の鉱床が古くから知られていた。最後にこれについても紹介しておくたい。

マムート鉱床: この鉱床はサバ州キナバル山近くにあり、ポーフィリー型の鉱床である。ここでは白亜紀後期—第三紀中期の堆積岩類に構造的に貫入した中新世初期のオフィオライトが中新世末のキナバル花崗岩類の貫入をうける。その分岐小岩株のアダメロ斑岩を中心にポーフィリー銅鉱床が分布する。鉱床はフィリピン他の同種鉱床と同様に、金含有量が大きい。たとえば1975–83年の採掘量4300万トンは品位 Cu 0.60%, Au 0.7g/t, Ag 4g/t を含み (秋山, 1984)、金に著しく富む。

パウ地区の鉱床: サラワク州の首都クチン南西方 24 km のパウ地区 (第1図) には、堆積岩母岩型(カーリン型)、鉱脈型、スカルン型を主とする鉱化地帯があつて (第11図)、1981年までに 37.3 t Au, 79000 t Sb, 748 t Hg などを生産した (Percival ら, 1990)。

この地域にはジュラ紀後期—白亜紀の石灰岩、石灰質頁岩に、中新世中—後期の微花崗閃緑岩～デイサイト斑岩が小岩株、シル、岩脈などとして貫入する。貫入岩体と



第11図 バウ鉱山地帯の地質鉱床図 (Percival ら, 1990).

主要鉱山名: 1 バツベカジャング湖, 2 ビディ, 3 ブキトヤング, 4 ジャンプサン, 5 コジョク, 6 クロンコング, 7 ルモー, 8 セイヤング, 9 タイパリト, 10 タイトン, 11 ボリング, 12 ガディング, 13 A. パキト山, 14 バウ山とラッキーヒル, 15 ユロングバウ山, 16 クリアン山, 17 カリマンタンリース, 18 サプラン, 19 テゴラ

金鉱床は NNE-NE 方向に 30 km, 幅 8 km 以下の地域に分布する (第11図).

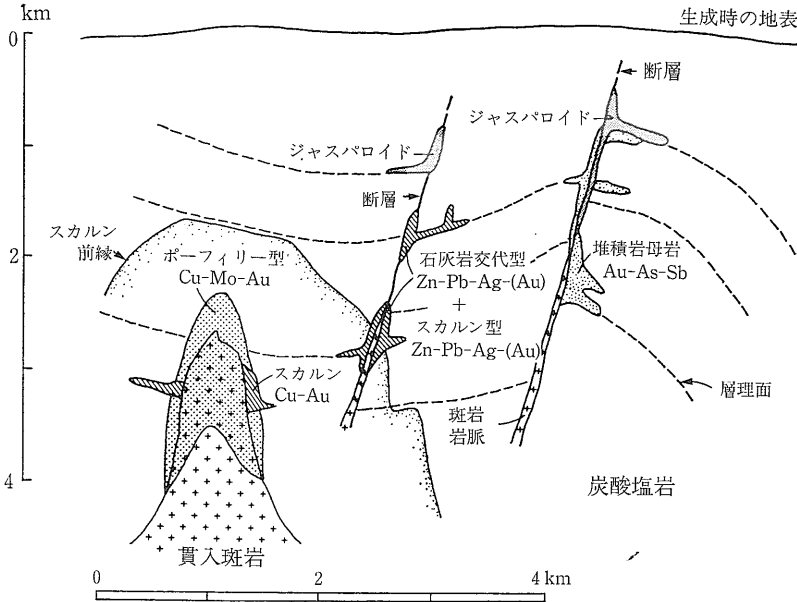
金は貫入岩体中の鉱床から離れたものまで含まれている。網状石英細脈に低品位の Cu-Mo-Au を伴うポーフィリー型鉱床は少なくとも 4ヶ所でみられ、伴う変質はカリウム質と絹雲母化である。

スカルン鉱床は貫入岩の周辺に産出するが若干の Cu を伴うのみで Au はほとんど含まない。スカルン鉱床はスカルン前線から遠く、断層や層理面に規制されて大理石中にも産出し、これは Au, Sb, As を富む。大理石中には交代型塊状硫化物鉱床も存在し、これは 20g/t Au

の高品位鉱を伴う。

鉱脈型鉱床はその構成物から次の3つに分けられる。1型は石英、石英+方解石、方解石のいずれかを脈石とする脈、2型は石英微晶+スカルン鉱物脈、3型はベースメタル硫化物脈である。いずれも急傾斜断層 (主に NNE 系)、節理、パウ石灰岩層の層理面などの規制をうける。金はすべてに産するが、鉱脈が狭くかつ連続性に乏しいので、過去の生産量には大きな役割りを果していない。

バウ地域で経済的に重要な金鉱床は貫入岩体より離れるが、斑岩のシルバ岩脈と密接に関係する堆積岩中の鉱床である。タイパリト(200万トン稼行)では急傾斜断層に



第12図

カーリン型鉱床の生成深度(Sillitoeら, 1990 原図)。堆積岩(石灰岩, ドロマイト)母岩の鉱床でも生成深度が1-3kmに設定されている点に注目。

さらに悪条件を克服して鉱床を発見し開発まで持込まれた探査グループの諸氏に敬意を表したい。

切られる石灰岩と頁岩接触部直下で鉱化が著しく、鉱体は上側方へジャスバロイドまたは石英でセメントされた熱水角礫へと移行する。金品位は6-9 g/t Au,他に硫砒鉄鉱や輝安鉱も回収される(Sillitoeら, 1990)。

以上の貫入岩体を中心とする鉱床タイプの変化や、堆積岩母岩鉱床にみられる構成鉱物などの特徴はネパタ州のカーリン型鉱床状金鉱床と酷似する。カーリン型鉱床の成因としては、熱流量が高いバーズン・レンダの地表水循環熱水により堆積岩からAuが抽出され、再沈澱したモデル、すなわち堆積岩を母岩とするエピサーマル鉱床説が有力であった。しかし花崗岩組織を持つ貫入岩との時空関係、垂直的に600-1000mに及ぶ鉱床の発見、流体包有物に沸騰現象が認められないことなどは、カーリン型鉱床はエピサーマルよりは深い鉱床であることを示しており、Sillitoeら(1990)は1-3kmの生成深度を想定している(第12図)。

以上のようにサパーサラワク州の主要な金鉱化はボーフィラー型あるいはメソサーマル鉱床にみられ、中央カリマンタン金鉱化帯の鉱床より深部でAuが沈澱している。現在のところ両帯の関係火成岩は同時期の活動体と考えられているが、金鉱化作用の性格からみると両帯では火成活動の時期や起源において全く異なることが予想される。今後の研究に期待したい。

謝辞：この小文は昨年のESCAPワークショップで与えられた資料をもとに記述した。ESCAP,とくにその企画をされた高橋清氏,現地で非常に丁寧に現地案内を準備されたP.T. Kelian Equatorial Miningのスタッフ,特にA.A. Hawke夫妻とJohn Baldwin氏に謝意を,

引用文献

秋山義夫(1984): マムート鉱床の金銀鉱化作用について。鉱山地質, 34, 115-129。
 Percival, T. J., Radtke, A. S. and Bagby, W. C. (1990): Relationships among carbonate-replacement gold deposits, gold skarns and intrusive rocks, Bau Mining District, Sarawak, Malaysia. Mining Geol., 40, 1-16。
 P. T. KEM (Kelian Equatorial Mining) (1990): The Kelian gold deposit, East Kalimantan, Indonesia: The exploration history of a disseminated gold deposit. 15p.
 P. T. KEM (Kelian Equatorial Mining) (1990b): Second ESCAP epithermal gold workshop field notes: The Kelian gold deposit, East Kalimantan, Indonesia. 39p.
 Sillitoe, R. H. and Bonham, Jr., H. F. (1990): Sediment-hosted gold deposits: Distal products of magmatic-hydrothermal systems. Geology, 18, no. 2, 157-161。
 Simmons, S. F. and Browne, P. R. L. (1990): Mineralogic, alteration and fluid-inclusion studies of epithermal gold-bearing veins at the Mt. Muro Prospect, Central Kalimantan (Borneo), Indonesia. In J. W. Hedenquist et al. edited, Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration, I. J. Geochem. Expl., 35, 63-103。
 Van Leeuwen, T. M., Leach, T., Hawke, A. A. and Hawke, M. M. (1995): The Kelian disseminated gold deposit, East Kalimantan, Indonesia. In J. W. Hedenquist et al. edited, Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration, I. J. Geochem. Expl., 35, 1-61。

ISHIHARA Shunso and TOGASHI Yukio (1991): Gold deposits in Kalimantan.

<受付: 1991年1月14日>