

第4章 調査結果の総合検討

4-1 鉱化作用の特性と構造規制について

(1) 広域地質構造と鉱床分布との関係

調査地区4地区はいずれも、ジャワ島の Central Volcanic Zone から Southern Mountain Zone に位置する。この地域はスダ海溝におけるインド洋・オーストラリア・プレートの沈み込みにより形成された火山弧 (Sunda-Banda 弧) に位置する。スマトラ島からジャワ島、スンバワ島を経てさらに西へと連続するスダ列島の第三系から第四系はほぼ同じテクトニクスにより生成されたと推定される。この地域では西ジャワ州の Gunung Pongkor 金・銀鉱山及びスンバワ島の Batu Hijau 金・銅ポーフィリ銅・銀鉱床が調査地域に近い稼行鉱山としてある。Gunung Pongkor 金・銀鉱床は第三紀の火山岩・火山砕屑岩類を母岩とし、付近の地質構造は NW-SE 系から WNW-ESE 方向の断層と E-W 方向の褶曲軸によって特徴づけられる。また、主要な鉱脈4条の走向延長は 300~1,000 m、確認されている傾斜延長は 300 m 以下で、平均脈幅 2.5~8.0 m である。鉱石鉱物としては自然金、輝銀鉱が認められる。また、脈石は主として石英、氷長石からなる。変質作用としては珪化作用、粘土 (セリサイト、スメクタイト) 化作用が鉱床付近に認められている。鉱石の Ag/Au 比は 1.5~30 (平均 9) 程度で、重金属及び As は一般に 100ppm 以下で低い。なお、鉱化時期は 8-9 Ma あるいはそれより若いと考えられている。

Batu Hijau ポーフィリー金・銅鉱床はジャワ島と同じ Sunda-Banda 列島に位置するスンバワ島の南西部に位置する。鉱床の母岩は第三紀初期の安山岩溶岩・同質火砕屑岩及び石英閃緑岩・トーナライトである。鉱化・変質作用は 3 ステージに区分されている。鉱石鉱物は主として石英細脈中の黄銅鉱、斑銅鉱からなり、変質鉱物は黒雲母、マグネタイト、セリサイト、アルバイト、スメクタイト、カオリン等が認められている。鉱化・変質作用は幅 1 km 以上、延長は膨縮しながら数 km に達し、深度は 1,000m まで及んでいる。

以上の 2 鉱床はいずれも第三紀の島弧を形成した上記の広域的な地質環境のもとで形成されており、NW-SE, ENE-WSW 系の断層、E-W 褶曲構造の存在、カルクアルカリ岩系の安山岩の分布等、地質調査地域の位置する東ジャワ地域と類似の地質環境で形成された。

(2) 調査地域における鉱化作用

第 2 年次の地化学探査概査地域において金・銀・銅・鉛・亜鉛の鉱化作用が認められた。またマンガンの鉱化作用も認められたが小規模であった。金・銀・銅・鉛・亜鉛の鉱化作用は主として黄銅鉱、方鉛鉱及び閃亜鉛鉱を伴う石英脈に認められた。地化学探査の結果、金・銀・

銅・鉛・亜鉛・モリブデンの地化学異常も認められた。本年次の地質調査で各地区において以下の鉱化作用が認められた。

・Tempursari 地区：Ngrawan 川流域の緑色化変質岩に鉱染状に黄銅鉱が存在しているのが確認された。銅、金はそれぞれ最高 0.11%Cu, 0.164g/tAu にすぎないが、NW-SE 方向延長約 12m にわたって 0.04 から 0.11%Cu, 0.043~0.164g/tAu と低いながらも銅の銅の鉱化作用が確認されている。肉眼的には孔雀石が認められ、鏡下では最大径 100 ミクロンの黄銅鉱が鉄酸化鉱物(赤鉄鉱?)と共存するのが確認されている。この試料に隣接した露頭では細粒磁鉄鉱が脈状に胚胎するのが認められていたためポーフリーカッパー鉱床に特徴的なカリ変質作用が期待されたが、鑑定の結果、緑泥石を主とし、セリサイトを伴う変質岩でカリ長石、黒雲母は確認できなかった。しかし、閃緑岩の露出径は数 10m 程度と小規模であること等から地表部では鉱化作用の浅部が露出していない可能性がある。白色化粘土変質帯は広い範囲に分布するが、大局的には NW-SE 系の断層に規制されている。変質鉱物はセリサイトが主体で、スメクタイト伴う。また、緑色化変質帯は緑泥石、緑レン石等の変質鉱物からなり、Gede 川から Ngrawan 川にかけて Tempursari 地区の広い範囲に分布しており、鉱化作用に伴う変質作用か広域的な変質作用か識別が困難である。黄鉄鉱の鉱染は白色化粘土変質帯、緑色化変質帯にまたがって広く分布するが、特に Ngrawan 川のスメクタイトを伴う白色化変質帯、Gede 川の緑色化変質帯では節理にともなって強く鉱染している露頭が認められる。

なお、東部の試料 (T035) から検出された黄銅鉱は径約 20 ミクロンと微粒で黄鉄鉱中に包有されて、黄鉄鉱と同時かそれより先に生成されたことを示す。

Purwoharjo 地区：地表踏査の結果 Hypogene の鉱化作用は認められなかった。Coban 川に沿って分布する第四紀の礫岩を構成する Mandalika の礫、Wuni 層の火山角礫岩、凝灰岩はいずれも 0.01~0.02%Cu 程度を示し、他の非変質岩と比べ高い値を示す。したがって、本地区の土壤のバックグラウンドは高い Cu 値を示すものと推定される。

Seweden 地区：地区西部の Putih 川、Cekelan 川、Centung 川で銅、金の鉱化作用が認められた。本年次に Putih 川採取した試料では、珪化・粘土化岩が最高 0.81%Cu, 黄鉄鉱鉱染緑色変質岩(転石)が 0.57%Cu の分析結果を示す。またその Centung 川の石英脈では、Cu は<0.01%と低いが、金は 0.064g/t と低いものの金鉱化作用が認められる。鏡下では、黄銅鉱粒が上記の Putih 川で採取した試料から検出されている。その他の銅鉱物としてはコペリンが検出されている。また、Centung 川の石英脈は閃亜鉛鉱、方鉛鉱を伴うのが確認されている。本地区では白色粘土化変質帯が広く分布し、Putih 川周辺ではセリサイトが多くの試料から検出されている。一方、本地区

ではカオリンを主とする鉱物が小規模に採掘されている。これらの現場では、黄鉄鉱を伴わないカオリン、黄鉄鉱を伴うカオリンとがあり、また、酸化鉄、スメクタイトを含む軟質のものが陶土として採掘されている。その他、本地区で観察される変質岩には

- A：カオリン
- B：ディッカイト・(カオリン・明礬石、石膏)
- C：セリサイト・スメクタイト
- D：パイロフィライト (ディッカイト・明礬石)
- E：混合層粘土鉱物・(アンケライト)
- F：セリサイト・(緑泥石)
- G：セリサイト・アンケライト・(石膏)

などの変質鉱物組み合わせが第2年次のPIMA測定の結果認められている。このうち、AとCの一部とは Supergene である。E、F及びGは hypogene と考えられる。Aは地形浅所及び断層に沿って分布することからE、F、Gに重複して分布する変質作用と考えられる。

・Prambon 地区：第2年次調査で金、銀、銅、鉛・亜鉛など伴う石英脈が確認されている。Suren 川の金を主体とする北部の鉱化作用と Sumurup 川・Beloran 川での銀・銅・鉛・亜鉛の石英脈胚胎域の中部の鉱化作用との連続性が推定されたが、第3年次調査で、地表での連続性が明確には認められなかったことから北部地区の含金石英脈分布域の精査に重点をおいた。その結果、72個の石英脈、変質岩試料のうち71個が分析検出限界以上で、うち11個が1g/tAu以上あった。分析値の最高は3.03g/tAuにすぎなかったが、鏡下では1試料(V107)で径約50ミクロンの自然金が黄鉄鉱中に、針銀鉱とともに検出された。その他2試料(T124, U066)で針銀鉱が検出された。また、黄銅鉱は3試料で、閃亜鉛鉱は10試料で、方鉛鉱は9試料で検出された。また、ボーリング孔からの珪化脈試料の研磨片では閃亜鉛鉱、黄銅鉱及び方鉛鉱が多数検出されている。変質鉱物としては脈際にセリサイトが発達するほか、火山岩・火山砕屑岩は広く緑色化変質作用を蒙っている。

(3) 鉱床賦存母岩・鉱化作用の及んでいる地質層準

調査対象4地区の地質は主として漸新世から中新世の火山岩・火山砕屑岩及び鮮新世の石灰岩からなり、北部には第四紀火山岩類が分布する。Tempursari 地区、Seweden 地区及び Prambon 地区の火山岩類は主として Mandalika 層で、玄武岩、安山岩及びデイサイト質で、火山砕屑岩は粗粒岩が卓越している。Purwoharjo 地区では中新世の Wuni 層及び第四紀の火山岩・火山砕屑岩が卓越する。火山岩類の多くは変質作用を蒙っており、原岩の岩系を確定できないが、Tempursari

地区の玄武岩・安山岩類ではソレイアイト系、カルクアルカリ岩系とも存在する可能性があるが、Ngrawan 流域の閃緑岩はカルクアルカリ岩系からなると推定される。Seweden 地区でもソレイアイト岩系とカルクアルカリ岩系の玄武岩・安山岩が存在する可能性があるが、Putih 川流域の弱い変質作用しか蒙っていないデイサイト (T079, X057 等) はカルクアルカリ岩系であろう。

鉱化作用が及んでいる地層は主として Mandalika 層の火山岩・火山砕屑岩であり、中新統の Wuni 層、第四系では金・銀・銅・鉛・亜鉛の鉱化変質作用は確認されていない。また、調査 4 地区内には、閃緑岩・石英閃緑岩、玄武岩、デイサイトなどさまざまな貫入岩が認められる。これらのうち、Tempursari 地区では閃緑岩周辺部が広く熱水変質作用を蒙っている。また Seweden 地区ではデイサイトが、熱水性の変質帯と密接に分布している。これらの貫入岩の活動時期は、Tempursari の Andesite が $16.5 \pm 1.7\text{Ma}$ 、Seweden 東方の石英斑岩が $10.1 \pm 0.5\text{Ma}$ を示し、付近に露出する貫入岩類も中新世を示す。ただ、本年度の地質調査範囲外の Malang 南方に分布する石英斑岩は 10Ma と他の比べ若干若い年代を示す。

(4) 土壌地化学探査結果と鉱化作用

土壌地化学探査を実施した Tempursari, Seweden 及び Prambon の 3 地区のうち、Seweden 地区及び Prambon 地区で金分析値の著しく高い異常 (0.45ppm 及び $>10\text{ppm}$) がそれぞれ 1 点検出された。また、Prambon 地区の Au 値は他の 2 地区に比べ平均的に高く、Prambon 地区では Au の鉱化ゾーンが地表まで露出していることを反映していると推定される。一方、Cu については 3 地区いずれも Cu 分析値は低く、大規模な Cu 鉱化作用は地表には露出していないと見られる。ただし、Tempursari の土壌中の Cu 値は他 2 地区に比べて高い値を示す。

Tempursari 地区では Au 成分の高い値が 2 ゾーンに集中する。すなわち、ひとつは中央部の稜線部を NNE-SSW 方向に延びるゾーンで Cu, Zn はむしろ低い。他は地化学探査試料採取範囲の南西部、Ngrawan 川の流域のゾーンで As 成分の高い値が集中するほか、Cu, Mo の高い値が若干ある。したがって、本地区には Cu の鉱化作用が潜在し、地表まで達していない可能性は考えられる。すなわち、変質帯、浅熱水性の鉱化作用の存在、貫入岩等の火成活動、地質構造等がポーフリー鉱床の地表徴候である可能性はある。

Seweden 地区では Pb, Zn, As, Mo, Cu 成分の高い値が Putih 川、その南東方の Kuning 川、地区北西部の Gereng 川周辺に集中する。これらの成分の濃集は浅熱水性からの中熱水性の鉱化作用を示唆する。なお、地表の珪化帯・石英脈の観察結果、high sulfidation タイプによく見られる含 As 硫化鉱物が欠如することなどから示唆される浅熱水性の鉱化作用は low sulfidation タイプである可能性が高い。し

かし、旺盛な黄鉄鉱の鉱染状況、パイロフィライトなどの変質鉱物が見られることから high sulfidation タイプの特徴も有する。

Prambon 地区では Au とともに As, Hg, Sb, Cp, Zn, Pb の高い値が広い範囲にわたっているが、地表踏査で確認された珪化岩・石英脈露頭の分布に大局的に一致する。本地区では浅熱水性の鉱化作用の一部はすでに地表まで露出しておりおよんでおり、Tempursari 地区及び Prambon 地区に比べ第三系の削剥が最もすすんでいると見られる。

(5) 物理探査結果と鉱化作用

Tempursari 地区における電気探査の結果充電率の高いゾーンが Ngrawan 川流域で抽出された。この範囲の地表では粘土化変質とともに黄鉄鉱が強く鉱染しているのが観察され Cu の鉱化作用が確認されていることから、この高準電率は黄鉄鉱鉱染が地下深部まで連続していることを示す。さらに比抵抗がやや高く、閃緑岩の貫入岩体があることから、高充電率は閃緑岩とその周辺の安山岩の黄鉄鉱の鉱染を反映していると推定される。

また、Tempursari 地区地区では測線南部に ENE-WSW 方向に延びる高準電率ゾーンがある。これは地質調査の結果推定されている断層の方法と異なるが、やはり地表の黄鉄鉱鉱染帯とオーバーラップし、地下深部の黄鉄鉱鉱染を反映していると解釈される。

Seweden 地区における電気探査の結果充電率の高いゾーンが測線中部から南部にかけて 2 列 N-S 方向に連続する。これらのゾーンは大略尾根線に沿って延びており、地化学探査の顕著な異常には重ならない。しかし、地表では珪化岩の転石が確認されており、Putih 川、Kuning 川流域のみでなくこれらの間の尾根線部の地下深部でも鉱化作用が胚胎することが推定された。物理探査の結果をうけ、ボーリング MJIE-S1 孔により確認された。すなわち、掘進深度約 37m の浅部から 400m の孔底まで黄鉄鉱が鉱染しており、地表部はそれが酸化し溶脱型の珪化作用を蒙ったとみられる。また、低品位ながら、金の交差作用が広い範囲で分析品位から確認され、黄鉄鉱の鉱染との関連が推定される。

(6) 関係火成岩

各地区には、等粒状完晶質岩である石英閃緑岩－閃緑岩のほか、玄武岩、安山岩（閃緑斑岩）、デイサイト（石英斑岩）などの貫入岩が露出する。すなわち、

- (a) Tempursari 地区に露出する閃緑岩は石英細脈を胚胎し、黄鉄鉱の鉱染が著しい。年代測定結果はないが南方の安山岩は 16.5Ma を示す
- (b) Seweden ではデイサイト（石英斑岩）が貫入岩し周辺に広く変質作用が及んでいる。
- (c) Prambon には安山岩（石英閃緑岩：21Ma）がほぼ同時代とみられる安山岩質碎屑岩（Mandalika 層）に貫入している。

(6) 地質構造の発達と鉍化作用

鉍化作用が認められる Tempursari, Seweden 及び Prambon の 3 地区とも Mandalika 層を主体とする第三系が分布し 3 地区の第三系分布域は上述のとおり Java 島南部の Southern volcanic zone に位置しており、第三紀以降同様なテクトニクス環境にあったと考えられる。

3 地区のうち、Tempursari 地区は地形が急峻でその北方で第三系に第四紀の火山が直接しており、その北部で第三系のうち火山砕屑岩からなる Wuni 層、石灰岩からなる Wonosari 層の堆積があったとしてもほとんど削剥されている。また、標高も北部では 1,000m を越える標高を示すことから、Mandalika 層のより下部が露出している可能性もある。しかし、閃緑岩など貫入岩の露出面積は小さく、花崗岩質の岩体が地下に存在する可能性もある。したがって、これらの貫入岩に伴う鉍化作用の中心部も潜在する可能性がある。

既述のとおり、Tempursari 地区の地質はほぼ Mandalika 層のみからなりその構造は明瞭でないが、大局的には東西走向で南に傾斜しているものと推定される。本地区の断層も NE-SW 走向が卓越することから、N-S 方向の圧縮応力場において形成されたとみられる。しかし、鉍化作用の時期については本地区西部の Wuni 層には鉍化作用が認められないことから中新世中期以前の可能性がある。

Seweden 地区は 3 地区のうち、標高がもっとも低く、Wonosari 層の石灰岩も南部で厚く堆積している。したがって、Wonosari 層堆積時以降の隆起量は Tempursari 地区に比べ小さいと考えられる。にもかかわらず、Seweden 地区北方には径数 100m の石英閃緑岩質の貫入岩が露出し、しかも周辺の Wonosari 層の石灰岩には(ごくまれに再結晶している転石があるが)接触変成作用を及ぼしていない。したがって、Seweden 地区は Wonosari 層堆積以前には隆起がもっとも旺盛で削剥がはげしかったが、その後石灰岩が堆積する環境になったと推定される。鉍化作用は Wonosari 層堆積前におこった可能性が高い。したがって、Seweden 地区では鉍化作用を蒙った Mandalika 層の一部は Wonosari 層堆積以前に一部は地表に露出し、Wonosari 層堆積後から現在にいたる間再び削剥を受けている可能性がある。

しかし、Seweden 地区においては地区西部に N-S から NNE-SSW 系の明瞭な断層があるが西部地区には NW-SE 系の断層に沿って珪化岩が胚胎しており、これらの鉍化作用を規制しているように見える。これらの断層が Wonosari 層の石灰岩をも切っていることから、鉍化時期は Wonosari 層堆積後にもあった可能性もある。

Prambon 地区は 3 地区のうち Mandalika 層以降の地層がもっとも厚く堆積していると推定される。Wonosari 層堆積後の隆起量は Tempursari 地区と同様大きかったとみられる。本地区にみられる石英脈は N-S 系から NNW-SSE 系が卓越する。いっぽう、断層は NE-SW 系が卓越し Wonosari 層の石灰岩を

切っている。鉱化作用は Wonosari 層の石灰岩を切っている断層には胚胎していないことから、第三紀中新世後期から鮮新世より古い時期に形成された可能性はある。しかし、含金石英脈の鉱化作用と断層とが同じ応力場において形成され N-S から NNW-SSE 方向への圧縮力がこれらの裂罅形成時期に働いていたとする仮説も否定されない。

本地質調査地区の位置するジャワ島東部はインド洋・オーストラリア・プレートの新生代沈み込みに関連して形成された付加帯で、大局的には N-S 方向の広域的な圧縮場にあったとみられる。このことは NNE-SSW～NE-SW 系の断層は剪断断層であり、東部地域の Prambon や Seweden において卓越する金・銀・銅・鉛・亜鉛石英脈は N-S～NNE-SSW 系が N-S 方向のいわゆる張力裂罅に胚胎したものと推定されるが、それらの鉱化作用の時期は中新世中期から鮮新世までとしか特定できない。

(7) 変質帯

調査各地区のうち、Tempursari 地区、Seweden 地区及び Prambon 地区ではセリサイト変質作用とカオリン鉱物及びスメクタイトで特徴づけられる粘土化変質作用が発達する。カオリン鉱物の一部は風化作用で生じた可能性もあるが、黄鉄鉱の鉱染、石英脈の産状から多くは熱水作用によって生成されたと考えられる。Tempursari 地区、Seweden 地区及び Prambon 地区では粘土化変質作用とともにその周辺部に緑泥石で特徴づけられるプロピライト化変質作用が発達する。なお、Purwoharjo 地区では熱水変質作用は発達しない。

(a) Tempursari 地区：セリサイトあるいは混合層粘土鉱物がしばしばスメクタイトを伴い Ngrawan 川上流から中流にかけてと Gede 川に発達する。これらは断層を包む鞘状に発達するとみられ、そのまわりは広範囲にわたりプロピライト化変質帯が発達する。Tempursari 地区では酸性変質帯の分布は限定されると推定される。一部でカオリン鉱物、明礬石がみとめられたが、地表近くで二次的に天水の作用により生成した(Supergene)可能性がある。なお、その他、緑レン石、パラゴナイト (Paragonite) が検出されている。

(b) Seweden 地区：第 2 年次調査において分光光度計 PIMA では Dickite が西部の Putih 川流域周辺で広く検出され、X線回折解析の結果ではカオリン鉱物と同定されている。しかし、その産状からおそらくセリサイト・石英・黄鉄鉱から風化作用によりカオリナイトが生成された可能性がある。したがって、本地区における変質鉱物が浅熱水性のものと判断はできない。ただ、パイロフィライトも検出されており熱水変質作用により生成したカオリナイトもあると考えられる。いずれにしても、本地区の Putih 川周辺の白色粘土化変質帯は熱水変質作用に風化作用による変質作用が一部 superimpose されていると推定され、ポーフィリー銅・鉛・亜鉛鉱床の上部の変質

帯あるいは浅熱水性の鉱床の可能性がある。このことは、MJIE-S1 孔のコア観察結果で確認され、地表浅部は珪酸等の溶脱を含め、風化作用によるカオリン化作用及び珪化作用が発達し、下部は粘土化変質帯となって、さらに下位ではプロピライト化した岩石が分布しているのが確認された。

(c) Prambon 地区：地区全体広い範囲にわたって緑色化（プロピライト化）しており、鉱化ゾーンは主としてセリサイト・石英・黄鉄鉱からなる変質ゾーンが発達する。このゾーンにはしばしば、スメクタイト、ハロイサイトが伴われるが、熱水変質作用で生成されたセリサイト化変質ゾーンが天水の作用で二次的に形成されたものであろう。

ボーリング調査の結果、地表下の風化帯と鉱化作用を伴う粘土・珪化帯を除けば、Prambon 地区では地表からボーリング掘進深度までは広くプロピライト化変質帯が広がっていることが確認された。

(8) 鉱化作用の生成環境

(a) Tempursari：石英中流体包有物試料の均質化温度は、包有物により温度がばらついているが、平均的には 231-293℃と高い温度を示し、パイロフィライトと変質帯の産状と調和的である。また、Ngrawan 川流域では一般には石英、セリサイト、緑泥石、炭酸塩鉱物、スメクタイトからなる。

(b) Seweden：試料の平均値は 236℃、277℃、375℃で、高い均質化温度を示す試料と高くない試料がある。高い温度を示す石英脈試料は塩濃度が高い包有物と低い包有物とがある。

(c) Prambon：石英脈は均質化温度が 200℃前後で塩濃度が約 1%と、温度は他の 2 地区に比べ低い。これは深部に鉱化作用が延長する可能性を示唆する。ボーリングの結果、Prambon 地区北部の MJIE-P1 及び MJIE-P2 孔は 200℃前後とやや低めの温度を示すのに対し、南部の MJIE-P4 では 2 およそ 280℃～300℃と高い温度を示す。塩濃度についてはいずれも約 2% (NaCl 換算) 以下の比較的低い塩濃度を示す。

以上、試料数は少ないが、Tempursari 地区及び Seweden 地区は Prambon 地区に比べ、その石英脈中の均質化温度は高いが、塩濃度は平均的には大きな差がなく平均値 2.0%以下と低い塩濃度を示す。鉱床賦存のポテンシャルとしては Prambon では浅熱水性の金銀鉱脈の賦存ポテンシャルが高く、Tempursari 地区及び Seweden 地区では高温生成の多金属鉱脈鉱床、スカルン鉱床やボーフィリークッパー鉱床の賦存ポテンシャルのほうが浅熱水性の金銀鉱脈の賦存ポテンシャルより高いと考えられる。なお、Seweden 地区北方の閃緑岩周辺には針鉄鉱が不規則脈状に胚胎し、緑簾石を伴う小露頭がありスカルンタイプの鉱化作用の存在を示唆する。

(9) 近隣の鉱床における地質環境との類似性

本年度の地質調査地域のはるか東方ではあるが、本地区と同様と考えられる地質環境のスンバワ島には Batu Hijau 鉱山が稼行している。一方、西方のジャワ島西部には Pongkor 金鉱山が賦存している。Pongkor 金鉱山付近も第三紀の火山岩が延び、その石英脈はこれら火山岩を母岩とするが、その石英脈は鮮新世の火山岩にも鉱化作用が及んでいることが異なる。

推定されている広域的な地質構造は、白亜紀と第三紀の付加帯の配列方向が現在のトレンチの方向とわずかに斜交する ENE-WSW 方向を示しているため、ジャワ島西部では白亜紀の付加帯が、また、東部では第三紀の付加帯が露出し、その境界が地化学探査(概査)地域を横断している。したがって、西部地域では、古い時代の NNW-SSE 方向の圧縮場が、東部地域では、より新しい N-S 方向の圧縮場の影響をうけていると想像される。

(10) 浅熱水性鉱床とポーフイリー・銅鉱床との関係

(a) 変質帯

各地区に広く発達するセリサイト+石英+黄鉄鉱+スメクタイト+石膏+明礬石からなる変質作用はポーフイリー・銅鉱床タイプの鉱化作用を直接には示すものではないかもしれないが、同様な鉱物組み合わせからなる変質帯がポーフイリー・銅鉱床に伴う例は多い。例えば、Ulrich and Heinrich (2001) はセリサイト+黄鉄鉱+粘土鉱物+石膏からなる変質作用がポーフイリー・銅鉱床にあるとしたうえで、カリ変質帯及びプロピライト化変質帯に overprint していると考えている(アルゼンチン Bajo de la Alumbrera ポーフイリーCu-Au 鉱床の例)。また、Bajo de la Alumbrera 鉱床では磁鉄鉱+石英からなる変質作用が主たる鉱化作用を伴うカリ変質作用に先だって生起していた。これらの鉱物組み合わせは Tempursari では銅鉱化作用が把握されている Ngrawan 川支沢で認められる。

したがって、Tempursari 及び Seweden におけるセリサイト+黄鉄鉱からなる変質帯はポーフイリー・銅鉱床タイプの鉱化作用の存在の可能性を示すものである。

(b) 浅熱水性鉱床とポーフイリー・銅鉱床との関係

ポーフイリー・銅鉱床は high sulfidation タイプの浅熱水性鉱床と同じ地質環境で生成されると考えられている(Hedenquist et al., 1998 等)、浅熱水性 high sulfidation タイプ金鉱床の存在はポーフイリー・銅鉱床の探鉱指針として有力な手がかりになるように考えられる。しかし、一方、削剥レベルの関係もあってか、浅熱水性 high sulfidation タイプの金鉱床が存在しないポーフイリー・銅鉱床の例も多い。また、low sulfidation 金鉱床との直接の関係は明確にさ

れていないが、ポーフィリー銅・鉛・亜鉛鉱床から離れた浅所で生成されたと考えられているようである。しかし、南西太平洋のポーフィリー銅・鉛・亜鉛鉱床の特徴として品位が高いこと、関係する火成岩は閃緑岩質のものが比較的多いこと、比較的規模が小さく、変質帯も Lowell-Gulibert モデルの argillic zone あるいは phyllic zone が発達しないことがある。なお、advanced argillic zone の成因は hypogene および Supergene の両方があると考えられる。

Tempursari 及び Seweden における鉱化作用が上記のような浅熱水性の鉱床の特徴を示すかと言えば、カオリン・明礬・明礬石とともにごく限られた試料であるが alunite, pyrophyllite が同定されていること、粘土化変質帯に比較的鉄・銅が多いということ、As が一部の試料で高いこと、Covellite が Seweden で検出されていること等があるものの、広く分布する変質鉱物はセリサイトであること、Vuggy quartz がほとんどないこともあり、明確に high sulfidation タイプか low sulfidation タイプか推定し深部のどこにポーフィリー銅・鉛・亜鉛鉱床があるかの探鉱指針にするのは困難である。したがって、本調査で把握した銅・鉛・亜鉛の変質帯の直下がもっとも胚胎確率が高いとは言えない。しかし、当該域に断層が推定されること、珪化帯がこの断層に沿っていることから探鉱仮説としては、地表での最も強い鉱化変質帯の下部にポーフィリー銅・鉛・亜鉛鉱床が期待できるとするのが妥当であろう。高充電率がこの銅・鉛・亜鉛の鉱化変質帯の地表付近から地下深部まで連続するという物理探査の結果はこのことを強く支持するものと考えられる。

Seweden 地区では、ボーリング MJIE-S1 孔での変質後鉱物の産状から、当該域の変質作用は、まず、おそらく広域にわたってプロピライト化作用により緑泥石が生成し、その後、浅熱水性作用によりセリサイトにより交代され、少し遅れて明礬石等が酸性変質作用により生成したと推定される。また、鉱化作用後の断層に伴う粘土はスメクタイトを伴い、地表近くのカオリンはほとんど天水の作用により生成したと考えられる。なお、鉄・銅染状あるいは脈状に磁鉄鉱が存在するがこれは変質作用に伴い生成したもので、本孔ではセリサイトに伴うことが多く、熱水作用により形成されたと見られる。

4-2 鉱床賦存のポテンシャルについて

(1) Tempursari 地区

本地区ではポーフィリー銅・鉛・亜鉛鉱床の賦存を示す明確な示徴はないが地区北東部の Ngrawan 川流域の閃緑岩貫入岩体の周辺に広く粘土化変質作用が分布し、金・銅の鉱化が認められているゾーンが鉱床賦存ゾーンの上部を示唆し、また、物理探査の結果は地表で観察された鉄・銅染が地下深部に連続ことを示している。本地区内では Ngrawan 川流域の閃緑岩貫入岩体の周辺が鉱床賦存ポテンシャルのもっとも高いゾーンと考えられる。

(2) Purwoharjo 地区

地化学異常域は鉍化作用を表すものでない可能性が高く、鉍床の賦存を期待できるデータはない。

(3) Seweden 地区

Putih 川流域とその周辺に珪化帯、粘土化変質帯が分布し、金、銅の鉍化作用が認められる。また、この地区には Au, Cu, Pb, Zn, As 等の高い値が集中し、鉍床賦存ポテンシャルが最も高いと考えられる。物理探査の結果 Putih 川の東方で掘削した MJIE-S1 孔ではわずかに Mo の鉍化作用が確認されただけであるが、広範な黄鉄鉍鉍染の存在は周辺に Au, Cu 等の鉍化作用が存在する可能性を示唆するものであり、実際、本孔の孔底付近では金及び銅が高異常値を示す。

(4) Prambon 地区

広い範囲で鉍化作用が認められるが、第 2 年次及び本年次の地質調査の結果、北部の Suren 川流域の多数の浅熱水性の石英脈に金鉍化作用が認められ、かつその一部で高い金品位が得られており、これら石英脈分布域では金・銀鉍床の賦存ポテンシャルが最も高いと考えられる。とくに、本地区で実施した 4 孔のうち、北部の 2 孔は比較的高い値を示し、また、流体包有物の均質化温度も 200℃前後と下部への連続を期待できる。一方、南部では着鉍幅が狭く、品位も 1g/tAu 以下で低く、流体包有物の均質化温度も 300℃前後と高く下部への期待度は低い。

以上のことから、Prambon 地区においては北部の MJIE-P2 付近以北で金の鉍床賦存ポテンシャルが高く、MJIE-P3 孔付近では低い。

なお、ボーリング実施範囲の南方、Sumurup 川及び Beloran 川流の鉛・亜鉛石英脈についても鉍床賦存ポテンシャルは高いと考えられるが、本年次は地質精査調査を実施しなかった。

以上、調査の結果をまとめると以下のとおりとなる。

Table 1-6 Summary of the Survey

| 地区名 | (1) 地質調査 (2) 地化学探査 | (3)物理探査 (4)ボーリング調査 | 期待される鉱床 |
|---------------|---|--|---------------------|
| 1. Tempursari | (1) 地表の鉱徴 ・ 広範な変質帯, 石英細脈 ・ セリサイト化変質作用 ・ 岩石 : Cu : 0.11% (2) 土壌 : Au, Ag, Cu | (3)物理探査 ・ 高充電率と高比抵抗 ゾーンが貫入岩とその 周辺の変質帯に重複。 | 浅頭性ポーフイリーカッパー鉱床 |
| 2. Purwoharjo | 地表の鉱徴未把握。 | — | — |
| 3. Sweden | (1) 地表の鉱徴 ・ 広範な変質帯, 石英細脈 ・ セリサイト化変質作用, カオリン化変質作用 ・ 岩石 : 0.2g/tAu(max) 0.81%Cu (max) (2) 土壌 : Au, Zn, As, Sb, Mo | (3)物理探査 ・ N-S に延びる高充電率 ゾーン 2 列 (4)ボーリング調査 ・ 広範囲に黄鉄鉱の鉱 染。 ・ セリサイト変質 ・ Mo 細脈 | 1. 潜頭性のポーフイリーカッパー鉱床 |
| 4. Prambon | (1) 地表の鉱徴 ・ 石英・珪化脈 4 ゾーン ・ 普遍的に Au 品位(72 試料 中 71 試料が分析検出限界以 上。12 試料が 1g/t 以上) ・ セリサイト変質作用 (2) 土壌 : Au, Ag, As | (4)ボーリング調査 ・ 北部 2 孔で幅の広い 金鉱化珪化粘土化ゾー ンに逢着 ・ 最高 10.4g/tAu (60cm) ・ 上部 160m まで Au 品 位異常 ~ 0.1g/tAu。 | 浅熱水性金銀石英脈 |