

第 200 回地質調査所研究発表会講演要旨*

浅熱水性鉱脈型鉱床における 島弧会合部の重要性 —豊羽鉱床の例—

渡辺 寧

豊羽鉱床は鉱脈鉱床としては日本最大の鉛・亜鉛鉱床であり、東北本州弧と千島弧の会合部に位置する。この鉱床の鉱脈は中新世前期から中期の岩石に胚胎し、東西系の鉱脈とそれに付随する北西-南東系の鉱脈から構成される。

この鉱床の鉱脈裂か形成機構については、横ずれ剪断モデル、火成岩体の進入衝き上げモデル、流紋岩溶岩の噴出に伴う局地的な陥没モデルが従来提案されてきた。

最近のこの鉱床に関する層序、鉱化作用、地質年代、構造の研究は、後者2つのモデルとは非調和であり、この鉱床が正断層変位を伴う東西系右横ずれ剪断脈と北西-南東系伸張脈により形成されていることを示す。これらの鉱脈は、東西系の鉱脈が overstep する部分で平行四辺形状の形態を示す。このような鉱脈からなる平行四辺形状の横ずれ断層と正断層の組合せを“pull-apart vein system”と定義する。

pull-apart vein system は豊羽鉱床と同じく鮮新世に形成された千歳鉱床や稲倉石・大江鉱床にも認められる。これらの鉱床の分布は、鮮新世の火山岩の分布と調和的であり、鉱床の形成時期と近接する火山岩の年代が一致することから、北西-南東方向の火山列を形成する鮮新世の火山岩が関連火成岩であると推定される。これに東西系の右横ずれ剪断運動が重なることにより、浅熱水性鉱脈型鉱化作用が生じやすい環境が準備されたと考えられる。

このように異なる島弧の火山活動と構造運動が重複するという点で島弧会合部は浅熱水性鉱脈型鉱床にとって重要である。(北海道支所)

神居古潭帯蛇紋岩産貴金属

中川 充・太田英順

北海道神居古潭帯の蛇紋岩体周辺地域は砂白金の産地として著名である。これらの漂砂鉱床に砂白金のみが産

*平成2年2月21日日本所において開催

出することはなく、量の差はあるものの必ず砂金が伴われる。砂白金の供給源が蛇紋岩であることは、その分布からほぼ明らかであるが、母岩中の白金族元素鉱物は知られていなかった。また、砂白金に伴われる砂金についての供給源については定見がない。

金属鉱業事業団の実施する「日高南部地域希少金属鉱物資源の賦存状況調査」を共同で行う過程で筆者らは蛇紋岩に含まれた白金族元素鉱物(山白金)を見いだした。また、並行して行われた経常研究において神居古潭帯周辺の砂金・砂白金について検討を行ったのでここに概要を報告する。

山白金の産出した鶴川蛇紋岩体は、神居古潭帯中南部に位置し、塊状で源岩のダナイト・ハルツバージャイトからなる層状構造を保存している。白金族元素(PGE)鉱物は両者の境界部付近のダナイト中に産し、蛇紋石に取り囲まれている。

PGE 鉱物は、組成変化の激しい最低4種の合金相からなる径約50 μm の粒としてFe-Ni-Co硫化物相に伴われて産する。それらの主要な相は、①含Pt自然銅;Pt-10,Cu-85,Pd-2(mol%) ②base metal + PGE alloy; Fe₄₇Cu₁₂Ni₃Rh₂₀Pt₅Pd₃(mol%) ③base metal + PGE 細粒混合相;(Cu-Fe-Ni) + (Pt, Rh) ④ペントラングイト? + PGE 細粒混合相;(Fe-Ni-Co-S) + (Ru, Rh, Pd)である。

鶴川地域に産する砂白金はIr-Os-Ru系合金を主体としており、北部の幌加内地域ではそれに加えて、Pt-Fe-Ni-Cu系合金・硫化物・砒素化合物が産するが、現在までの所、①や②の組成に相当するものは報告されていない。

神居古潭帯中部、鷹泊蛇紋岩体の粘土状蛇紋岩を現地では2kg程椀がけし、残った重鉱物の中に2粒の自然金を見出した。これらは、0.5mm内外の大きさでやや角ばった外形をしており円磨された痕跡は認められない。表面は径1 μm 程度の大きさの微細な単結晶の集合体のように見える。これらの産状は自然金が蛇紋岩に含まれていたことを示唆する。

EPMAによる粒子表面の分析結果はAu=99.7%と純粋に近い。幌加内地域の砂白金に伴われる砂金は数%のHg・Cuを含むことを特徴とするが、表面(外周部分)はAu=100%に近い組成となり、本報告のものと同様な微細粒集合体の外観を呈する。このことは、砂白金に伴われる砂金の一部は蛇紋岩から直接由来したことを示し

ている。

(北海道支所)

遺跡で得られた過去の地震情報

寒川 旭

遺跡で発見された地震跡から、過去の地震について多くの情報が得られる。

南海トラフに震源をもつ巨大地震である南海地震と東海地震は、江戸時代以降は常に100-150年周期で同時に発生していることが地震史料よりわかっている。遺跡の地震跡の研究から、684年と1498年にも両地震が同時に生じたことが検証された。

いくつかの活断層について、多くの地震跡からその活動時期が推定される。大阪平野北縁の活断層系は5世紀末と1596年、びわ湖西岸活断層系は弥生中期と1662年に活動したものと考えられる。

地震災害において注目されている液状化現象について、地層が液状化して地表へ噴出する過程を遺跡で観察できる。液状化した層が割れ目にそって上昇する過程で分級が生じ、上部ほどより細かい粒子が卓越することや、激しい地震動が想定される地域では、中-大礫を含む層でも容易に液状化することが判明した。

(近畿・中部地域地質センター)

八丈島東山および西山火山の全岩化学組成

中野 俊* 山元孝広* 一色直記**

八丈島の東山・西山火山の岩石の全岩分析(主成分と微量成分)を行った。

西山火山は玄武岩と極少量の安山岩からなる。玄武岩は山頂噴火と側噴火によるものがあるがいずれも plagioclase control による玄武岩であって、伊豆大島火山で認められた plagioclase control (中野・山元, 1987 など) は西山火山でも主たる全岩組成変化の要因である。安山岩の少なくとも一部は確実に側噴火によるものであり、伊豆大島と同じく斜長石・苦鉄質鉱物の結晶分化 (differentiation) により玄武岩から導かれたものであろう。山頂噴火は plagioclase control による玄武岩、側噴火は plagioclase control による玄武岩または differentiation による玄武岩ないし安山岩という伊豆大島のモデルが成立している。

東山火山は玄武岩・安山岩およびデイサイトからなる。全岩組成の上で先カルデラ期と後カルデラ期噴出物(一色, 1959)の差は認められない。少なくとも玄武岩から安山岩までほぼ一連の分化トレンドを構成している。

plagioclase control は明瞭ではない。

SiO₂変化図では、西山は東山よりも Ti, K, P, Rb, Ba, Y, Zr などの液相濃集元素に富んでおり (SiO₂=50%で2倍)、両火山の化学組成は明瞭に区別される。ところが、分化の尺度として Mg[#] (100 Mg/(Mg+Fe)) をとると、両火山の液相濃集元素に差がない。すなわち、同程度の分化では東山火山のマグマは西山火山に比べ SiO₂に富んでいると言い替えることができ、それは初生マグマの違いに由来すると考えられる。また、LIL/LIL比, LIL/HFS比は部分溶融の程度や metasomatism の差が効果的ではないことを示唆する。従って起源マントルが共通とした場合には、初生マグマの SiO₂の差は、部分融解時の H₂O 量の差に起因する可能性がある。

(*地質部 **地質標本館)

海水中の LPS の定量による海底熱水活動の迅速・超高感度な探査方法の研究

三田直樹* 後藤隼次*
臼井 朗** 中尾征三***

資源が乏しい我が国にとって海洋の鉱物資源は重要であり、なかでも海底熱水鉱床の分布はマンガン団塊に比べて浅く、国土に近いことから着目されている。海底熱水活動を探査するための地球化学的な指標としては、海底堆積物中のマンガン、海水中の懸濁態や溶存態の重金属の濃度及び海水中の溶存メタンや³Heなどが注目されている。しかし、これらの指標の測定には多量の試料が必要であったり、前処理も必要とし、陸上の研究室に戻ってからデータが得られることがほとんどである。このため、船上で迅速に結果が得られて、活動場所を推定できる効果的な探査法が期待されてきた。

海底の熱水噴出部周辺では、硫黄酸化細菌などを始めとする特異な生物群集の存在が知られている。これに着目して、深海水中のバクテリオバイオマスの指標である LPS (リポ多糖 Lipopolysaccharide: 海洋細菌の細胞壁構成成分) を、カプトガニ血球抽出物で迅速かつ超高感度に定量して熱水噴出部を船上で探査する MITA *et al.* (1988) の方法が開発された。ここでは新探査法の原理を紹介し、さらに地質調査船『白嶺丸』を用いて行われた (1) 伊豆・小笠原海域で、本法の試験調査が行われた結果、(2) 米国の研究潜水艇 Alvin がすでにマリナトラフ 18°N で発見している生物群集を伴った熱水噴出部での調査結果、(3) 同 18°N で Alvin が未調査の場所で新たな活動の兆候が本法で捕えられたこと、(4) マリナトラフ 21°N で新たな海底熱水活動の可能性が発見されたことにつ

いて報告する。

LPS の測定方法は試料海水が 0.1 ml と極めて少量なので、多くの測定項目に試料を要する海水を取扱うには効率がよい。測定方法を検討した結果、反応生成物である P-ニトロアニリンをジアゾ化することによって、感度は約 6 倍に増大がはかられ、熱水ブルームの検出に要する反応時間は従来の約 25 分から約 15 分に短縮することができた。本法による熱水活動探査の可能性を実証試験するために、最初のモデルフィールドとして伊豆・小笠原海域を選定した。特に、海形カルデラでは高濃度の LPS が検出されるとともに、生物群集の存在が確認された(上嶋・村上(海洋地質部))。ここでは、硫黄酸化細菌と推定される大型の細菌が観察され、1 μm よりも大きな細菌の菌数プロファイルは LPS とよく一致したことなどから、海底熱水活動が一層強く示唆された。マリアナトラフ 18°N では Alvin が報告している生物群集を伴う熱水噴出部で熱水ブルームに由来すると考えられる LPS の異常が認められ、中軸谷に沿って 5 km 以内にわたってブルームが存在した。この南方では、一層高濃度の LPS が見出され、新たな活動の可能性を指摘することができた。また、マリアナトラフ最北端の 21°N では、従来の海底熱水活動が知られている 2,000-3,000 m 台の水深よりはるかに深い約 5,200 m の急激な凹地で、広範囲にわたる異常に高濃度な LPS の分布が発見され、ここでの海底熱水活動の可能性が指摘された。

(*地殻化学部 **海洋地質部 ***石油公団)

小笠原海形(かいかた)カルデラに おける海底熱水活動

浦辺徹郎

海形海山は西之島の南方 60 km にある、伊豆小笠原弧の火山フロント上の海底火山である。この海山は 3 つの火山コーンと 1 つのカルデラからなり、そのカルデラ底より黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱をふくむ石英細脈のある変質した両輝石安山岩が採取されている (URABE *et al.*, 1987)。1986 年 11 月に、「しんかい 2000」により潜水調査を行ったところ、カルデラ壁の下端に、水平方向に少なくとも 150 m、垂直方向に 100 m の広がりを持った変質帯が広がり、またカルデラ内には黄褐色の鉄水酸化物の浮遊物が見られた(湯浅ほか, 1987)。カルデラ内の水温は一定で、壁面の一部から「ゆらぎ」が観察されたことからここでは現在低温の熱水活動が起こっていることが明らかになった。これは海水中のヘリウム同位体比の分析結果から、カルデラ内の水塊中にマントルヘリウム

の寄与が非常に高いことから支持される(浦辺ほか, 1987)。硫化物に伴う石英中の流体包有物の充填温度から推定される熱水鉱化作用の温度が約 290°C と高温であることから、現在の酸化物を沈殿する低温の熱水活動は、一連の活動の末期に相当すると推定されていた。

その後たびたび「しんかい 2000」による潜水調査が試みられたが、様々な理由で実現しなかった。1988 年 5 月になって、ようやく次の潜航が行われたが、その時にはカルデラ内に鉄水酸化物の浮遊物はまったく見られず、魚類も普通に生息していた。さらに前回の潜航でカルデラ底に普遍的に見られたリップルマークが全く見られず、両潜航の位置はほぼ一致しているにもかかわらず海底の様子は一変していた。

径 3 km、深さ 300-400 m の閉じたカルデラ底に、リップルマークがつく理由は、水塊の急激な移動以外に考えられない。つまり熱水活動により暖められたカルデラ内の水塊が、上部の通常の海水より軽くなり、もんどり打ってどんでん返しをするときに生じた物と考えられる。もしこの考えが正しいならば、リップルマークの消滅は熱水活動の停止により、もはやカタストロフィックな水塊の入れ替わりが起こらなくなったことを示しているのかも知れない。これらのことより、ここでの海底熱水系の寿命は非常に短いことが推定される。なお引用文献は以下の通り：

URABE, T., YUASA, M. and NAKAO, S. (1987) Hydrothermal sulfides from a submarine caldera in the Shichito-Iwojima Ridge, northwestern Pacific. *Marine Geol.*, vol. 74, p. 295-299.

湯浅真人・浦辺徹郎・村上文敏 (1989) 伊豆・小笠原海形カルデラの熱水変質帯—「しんかい 2000」による潜水調査—。地質ニュース, no. 391, p. 6-8.

浦辺徹郎・佐野有司・脇田 宏 (1987) 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究 昭和 61 年度研究概要報告書。地質調査所, p. 91-94.

(企画室)

温泉型金鉱床有望地域の重点的研究 (1)

青木正博

前年度までに実施した地表地質調査・温泉水質調査・温泉沈殿物分布調査に基づき、青森県恐山熱水系を、温泉型金鉱床賦存の最有望地域として選定した。

宇曾利カルデラ北部の溶岩円頂丘に沿って広がる、噴気・温泉地帯の中で、最も強い重金属濃度異常を示す地点を中心として、ハンドオーガーと試錐機による試料採取を行った。その結果得られたコア試料は、大部分が有機物に富み黒色を呈する軟泥状堆積物であった。系統的な化学分析を実施したところ、予想した地点に高品位の温泉型金鉱床を発見した。この鉱床は、カルデラ湖底にできた熱水爆裂孔に沿って上昇する熱水がもたらした温泉沈澱物と考えられる。この中から、テルル化金鉱・テルル化水銀鉱・閃亜鉛鉱・オーピメント等多数の硫化鉱物が同定された。また金濃度は最高で6500 ppm(コア長10 cmの平均組成)に達した。熱水性爆裂のきっかけとして、湖面水位の急激な低下による減圧の可能性がしばしば指摘される。当地域では、湖面水位の影響を受けやすい温泉沈澱物の分析(スコログイト/オーピメント境界面)が丘陵から低地にかけて連続し、湖面低下が漸進的だったことを示している。この機構は考えにくい。重金属沈澱物を伴った熱水爆裂孔の分布が東西方向に直線状に配列する事実と、北下地域が東西系圧縮応力場にある事をあわせて考慮するならば、熱水性爆裂が東西方向に伸長する高粘性マグマの浅所貫入によって引き起こされた可能性が高い。

地表の転石として見いだされている多くの鉱化岩片は、噴気帯の下部に明礬石を伴う塊状珪化岩型金鉱床(いわゆる南薩型)と、縞状石英脈型金鉱床(いわゆる菱刈型)が賦存していることを物語っている。現在も進行中の金鉱化作用とこれらとの関係は、従来明確ではなかった。鉱化作用相互の関係、そして個々の鉱化作用を恐山火山発達史の中に位置づけて、鉱床生成の時間的空間的必然性の考察へと進むために、火山岩類、明礬石等熱水変質鉱物の放射年代測定も行った。その結果、熱水活動は次のように進化し、そのライフタイムは50-60万年におよぶことが判明した。1. 恐山主活動期(50-60万年前)に、石英安山岩火山の山体内部にマグマ起源の酸性流体が上昇し酸性変質帯と塊状珪化岩型金鉱床を生成した。2. カルデラが生成され、天水が浸透しやすくなりまた水-岩石反応による酸性物質の中和も起こりやすい地質条件が準備された。循環する熱水は中性のpHをもち還元硫黄種に卓越しており、氷長石-石英脈を生成した。3. 角閃石石英安山岩質のカルデラ円頂丘(17-23万年前)が、相次いで進入した。新たな熱とガスの供給により熱水系が再び活性化され現在に引き続く温泉型金鉱床が生成された。(鉱物資源部)

温泉型金鉱床の重点的研究(2)

高倉伸一・内田利弘

温泉型金鉱床の存在が確認されている恐山噴気帯でCSAMT法による比抵抗構造調査を実施した。調査地域は宇曾利山湖北岸の東西約1 km、南北約0.6 kmの範囲であり、東西に横切る1 kmの測線を中心に調査地域を覆うように測線を多数設置し、その上を20 m間隔で測定した。使用した周波数は1-8192 Hzであり、探査深度は地表から深度約200 mの範囲となった。

地表浅部を反映する高周波数の比抵抗応答と地表の変質とを比較すると、粘土化変質帯は低比抵抗を、珪化変質帯は高比抵抗を示しており、比抵抗と地表の変質の程度とは良い対応を示していることがわかる。また、温泉や噴気のあるところは低比抵抗を示している。この知見をもとに、解析した比抵抗構造を各地域について考察すると次のようになる。

温泉型金鉱床に関連する熱水爆裂クレータでは、外側ほど比抵抗が高くなる同心円状の比抵抗構造がみられる。また、地表ほど比抵抗が高い構造となっている。これより、クレータの周辺ほどあるいは地表ほど変質が弱くなっていることが予想される。クレータの中心では、深部までほぼ同じ比抵抗値であり、円柱状の構造が深部まで連続しているようである。

東部の粘土化変質帯はこの地域で最も低比抵抗を示すところであり、地表付近でも比抵抗は数 Ωm と低く、深度100 mでは広い範囲にわたり1 Ωm 以下になる。これより、ここの地下には強い熱水変質の原因となる高温の熱水が多量に存在していると予想できる。比抵抗が特に低い異常帯は、地表付近では温泉・噴気に沿う北北東-南南西方向あるいは東西方向であるが、深部になると南北方向に変る。したがって、深部では熱水の存在を規制する南北方向の構造があると推定できる。

地域中央部西側に広がる珪化変質帯では、地表の温泉・噴気に沿って低比抵抗異常がみられる。ところが、深度約50-100 mの幅約100-200 mにわたり、周辺より比抵抗が数10倍高い高比抵抗帯となっている。これは、含水率の低い珪化帯と考えられ、この一帯の地下は珪化変質を強く受けていると推定することができる。

(地殻物理部)