

講演要旨(第172回)*

特集 鉱物資源探査の現状と進展

ブラジルのカーボナタイト鉱床の産状

平野英雄 神谷雅晴

カーボナタイトは、大陸地域に貫入したアルカリ岩—超苦鉄質岩に伴われる、カーボネイトを主な構成鉱物とする火成岩である。この岩石に伴われる鉱物資源として、ニオブ、リン、チタン、希土類元素(REE)、パーミキュライト等が挙げられている。

ブラジルで発見された20数個のカーボナタイト岩体のほとんどはブラジル南部のパラナ盆地の縁辺に分布している。これらは、すべて白亜紀に貫入したものであるが、貫入年代により、分布位置と鉱床の種類が異なっている(第1表)。海岸地域に分布する130 Maの年代をしめすカーボナタイトはリン鉱床のみを伴うが、内陸地域の80 Maの貫入年代をもつ新しい方は、ニオブ、チタン、希土類元素、リン、パーミキュライト等多種類の鉱床を伴っている。前者のタイプはジャクピランガにより代表され、後者はアラシャ、カタロンで代表される。

ジャクピランガのカーボナタイトは、周囲の超苦鉄質岩にプラグ状に貫入している。露頭で新鮮な岩石が観察

できる唯一の岩体である。リン鉱石としてのアパタイトは、カーボナタイト中で、3つの産状(粗粒・ゼノリス状、中粒・鉱染状、割目を満たす針状結晶集合体)をしめす。ニオブ含有鉱物のパイロクロアはわずかに生じているが、鉱床としての価値はない。

アラシャ、カタロンのカーボナタイトは強く風化され、厚さ100 mのラテライト風化帯によって覆われている。この風化帯に、ニオブ、チタン、REE、リン、パーミキュライトが濃集している。世界のニオブ生産量の83%がこれら2地区の風化帯から採掘されている。原岩のカーボナタイトには、ドロマイト、方解石、磁鉄鉱、フロゴパイト、アパタイトが含まれているが、ラテライト風化により、カーボネイトは溶脱され、アパタイト、重晶石、鉄鉱物が生成・濃縮されている。ニオブ鉱物は、パイロクロアからパンダイト(Baパイロクロア)へと変化した。風化作用によりニオブは約2.7倍濃縮され、アラシャでは、平均品位3.5% Nb₂O₅となっている。これは、カナダのオカ鉱山の0.45% Nb₂O₅やセントオノーレ鉱山の0.7%と比べ、ケタちがいの高濃度といえるだろう。

アラシャ、カタロンのカーボナタイトは、角礫状のア

第1表 ブラジルのカーボナタイト鉱床の埋蔵量(CBMM, 1984による)

岩体(州)*	貫入年代 (百万年)	リン(P ₂ O ₅)		ニオブ(Nb ₂ O ₅)		チタン(TiO ₂)		レアアース(TRE)		パーミキュライト	
		鉱量 (百万t)	品位 (%)	鉱量 (百万t)	品位 (%)	鉱量 (百万t)	品位 (%)	鉱量 (千t)	品位 (%)	鉱量 (百万t)	品位 (%)
海岸地域	ジャクピランガ(SP)	130	89	6.15							
	ジャキア(SP)	127	2	16.0							
	イパネマ(SP)	123	117	6.73						5	20.0
	アタポリス(SC)	129	259	4.86							
内陸地域	アラシャ(MG)	91	460	15.1	462	2.48		546	10.5		
	タピラ(MG)	70	921	8.3	166	1.18	95	17.7			
	サリトレエ(MG)	83					84	23.3			
	セハネグラ(MG)	82					200	27.7			
	カタロン(GO)	83	306	7.96	19	1.08	6	19.9	2,000	12.0	5

*GO, ゴイアス州; MG, ミナスジェライス州; SC, サンタカタリナ州; SP, サンパウロ州

* 昭和60年7月24日日本所において開催の研究発表会

ルカリ岩—超苦鉄質岩に貫入したらしい。本来、カーボナタイトに由来する可能性の低いチタンやパーミキュライトの鉱床が、風化土壤中に形成されているのはこのためらしい。(鉱床部)

中米の地質構造と鉱化作用

竹田英夫

北米大陸と南米大陸との掛け橋である中米は Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica および Panama と Belize の諸国から成り、総面積は538,000 km² で日本の約1.5倍弱に相当する。

地形及び地質上 Guatemala から Nicaragua 北半部までと Nicaragua 南半部から Panama までに大きく二分することが可能であり、前者は古生代後期から第三紀までの構成岩類が大陸地殻の上に発達するが、後者は白亜紀以降の比較的新しい岩類が海洋地殻の上に分布する。

プレート説によれば、北米プレートの南端は Motagua 断層とされており、北部地域のそれより南側の大陸地殻は西南西の太平洋上にあったものが漂移して付着したと主張する向きもある。一方海洋地殻を基盤とする南部地域は何時どの様にして地峡を形成したかと言う問題があり、白亜紀後期にはカリブ・プレートの下にココス・プレートが沈み込みを開始して第三紀に続く火成活動を引き起こした結果、中米地峡が完成したと推定されている。この他ココス海嶺やパナマ断裂帯等の形成について興味あるプレートが提唱されているが、紙数の都合上割愛する。

北部地域は古生代の変成岩類と古生代後期の堆積岩類、三疊紀とジュラ紀の陸成層および白亜紀前期の海進による石灰岩を主とする厚い海成層が分布している。白亜紀後期には海退が始まり、第三紀の火山活動にバトン・タッチされるが Motagua および Polochic の構造線には超塩基性岩の冷却貫入を伴っている。

南部地域はジュラ紀から白亜紀にかけて海底で形成された火山岩類と碎屑岩類の上に第三紀の火山岩および貫入岩類が発達する。

中米の鉱床区は上記の地質を反映して、北部山系、火山台地、太平洋側半島地域に3分される。北部山系では鉛・亜鉛の鉱化作用を主とし、タングステン・アンチモン・水銀等も伴うが Honduras と Nicaragua の火山台地では金・銀の鉱床が多くなる。Costa Rica と Panama では金・銅・マンガン等の鉱化作用が見られるが、最近 Panama の Petaquilla と Cerro Verde で世界的にも有数

のポーフィリー・銅が発見されて話題を呼んだ。Petaquilla の鉱化作用の時期は Oligocene であるが Cerro Verde は貫入岩の絶対年代が $7.2-4.2 \times 10^6$ 年に相当する。特に Cerro Verde は鉱量30億トン銅品位は0.6%と算定されているが、両鉱床ともまだ開発には至っていない。

この他 Guatemala では、大規模の風化残留鉱床として Niquegua のラテライト・ニッケル鉱床が Motagua 構造線の超塩基性岩中に胚胎することが知られている。(鉱床部)

中国浙江省青田地区のろう石鉱床

須藤定久

中国南東部の浙江・福建省には、後期中生代の酸性火成岩類が広く分布している。これらを形成した火成活動に伴って形成されたろう石鉱床も点在分布しており、中国最大のろう石鉱床地帯となっている。

青田地区は、浙江省南部、省都杭州市の南250 km、東シナ海に面する温州市より甌江を約40 km さかのぼったところに位置している。この地区には、中国最大のろう石鉱山である山口ろう石鉱山を始め、北山ろう石鉱床、夏西坑ろう石鉱床などが知られている。

山口ろう石鉱山は、県都青田(鶴城)の南10 km に位置する。この付近はジュラ紀後期の流紋岩質溶結凝灰岩、成層した流紋岩質凝灰岩類、流紋岩溶岩などからなる山地で、比高約500 m で南北方向に延びた急峻な尾根の中腹に鉱床が分布している。鉱床の多くは、流紋岩溶岩中に胚胎されている。この鉱山には、5つのレンズ状の鉱化帯が知られ、その規模は、最大で厚さ60 m、径1,000 m であり、鉱化帯中には、規模数—数十万 t の脈状—塊状—レンズ状の鉱体が点在し、その密集部が鉱床として、坑内採掘により移行されている。

鉱石は、パイロフィライト質ろう石が殆んどで、カオリン質、セリサイト質ろう石は、きわめてまれである。淡黄緑灰色・緻密・軟質でろう感にとむ高品位鉱を多産する。鉱体の中心部に、青色のコランダム塊(球—塊—脈状、最大径8 cm)を含む高アルミナ質ろう石が産出することがあるが量的にはきわめて少ない。

本鉱山における移行状況を見ると、地形的条件が悪いこともあり、採掘・運搬・選鉱とも大きく立ち遅れている。鉱石の加工・利用においても、ガラス原料、陶磁器原料、工芸品材料などに使用されるのみであり、多角的活用にはほどよい現状にある。

しかし、この地域には、まだまだ探鉱の余地があり、更に大規模な鉱床の発見も期待される。日本に近いという地理的条件もあり、探鉱・開発・運搬などの合理化・進展に伴い、我国への重要な石供給地の一つとなるものと期待される。
(鉱床部)

華東における金属鉱物資源の特色

石原舜三 中嶋輝允 古宇田亮一 佐々木昭

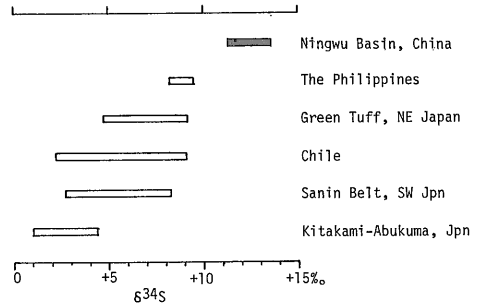
中華人民共和国の東部、福建省から内陸の揚子江下流域にかけては、燕山期の火成活動に関連して多数のFe, Cuなどの金属鉱床が知られている。これらの横断面を見る形で地域と鉱床を選択し、国際研究協力事業(ITIT)として昭和56-58年度に調査研究を実施した。

この地域には中生代中期まで堆積活動があり、その後主としてその沈降帯を中心として火山および貫入活動が生じたが、火成活動は沿岸部で活発で、内陸の下揚子地域では弱い。一方、鉱化作用は逆に沿岸部で弱く、内陸の下揚子地域で著しい。それらは巨大な(4億トン±)磁鉄鉱-赤鉄鉱鉱床、ついで銅鉱床、一部に鉛亜鉛鉱床からなるが、下記の如く日本列島にはみられない独特の特色を有する。

鉄鉱床は矽岩鉄鉱と呼ばれるものが主体で、これは浅成の貫入岩である細粒斑閃閃緑岩の堆部を中心に、塊状、礫状、周辺の堆積岩・火山岩で層状に胚胎するもので、“スカルン”鉱物で特色づけられる。一部には接触交代鉱床もみられる。

銅鉱床はスカルン、ポーフィリー型、鉄脈型が一体化したもので独特のものである。鉛亜鉛鉱床は主に鉄脈型とスカルン型である。鉛亜鉛鉱床に関しては中国側で可能性が指摘されていた黒鉄型、ミシシビバレー型について特に留意して調査したが、黒鉄型存在の可能性は非常に少なく、またミシシビバレー型も丹岩の炭酸塩岩が褶曲変形した後に古帯水層と燕山期火成活動とが重複して鉱化が生じたものであり、ミシシビバレー型の原形に近いものは存在しないことが判明した。

下揚子地域の貫入岩の $\delta^{34}\text{S}$ は11-14‰の高い値を示し、鉄石硫黄も3-6‰で重く、これらは環太平洋地域で最も重い値である(第1図)。また火山盆地下部の三疊紀エバポライトからは $\delta^{34}\text{S}$ 30‰のこの時代としては世界的に最も大きい値が発見された。これらを総合的に解釈すると、下揚子地域のマグマは深部から上昇する途中でエバポライトからS, Clを抽出し、硫黄同位体比を高めたものと思われる。またCl濃度の上昇により、マグマ



第1図 環太平洋地域、磁鉄鉱系花崗岩類の岩石硫黄同位体比

あるいは鉱液中のメタルの移動と濃集が容易となり、これが全般に弱い火成活動帯としては著しく大型の金属鉱床をもたらしたものと考えられる。
(鉱床部)

東南アフリカ始生代緑色岩帯中の金鉱床の現状と探査—タンザニア・ジンバブエの例

高橋 清

世界を通じて始生代緑色岩帯の鉱床としては金が最も重要なものである。東南アフリカでも北からタンザニア剛塊、ローデシア剛塊、カプファール剛塊が分布し、いずれも花崗岩—緑色岩帯からなり、多くの金鉱床が剛塊中の緑色岩帯中に胚胎している。

始生代緑色岩帯の層序はローデシア剛塊でよく研究されており(第1表: WILSON, 1979)、タンザニア剛塊では花崗岩が優勢でしかも周縁部はウベンディア造山(2000±200 Ma)を受けているため緑色岩帯の層序は確立されていない。

ジンバブエ緑色岩帯中の金鉱床の形態は、縞状鉄鉱層中のものと含金石英脈乃至網状脈に大別され、縞状鉄鉱層は海底噴気性堆積物とされている。縞状鉄鉱層中の鉱床はセバキアン層群の火山岩中とブラワヤン層群の上部緑色岩層中に胚胎し、共生鉄石鉱物は硫砒鉄鉱、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱が主体で金は硫砒鉄鉱粒内に非常に微粒な状態で産する。含金石英脈乃至網状脈鉱床は主として石英からなり僅かの炭酸塩鉱物と硫化鉱物を含む。比較的大きな金鉱床は黄銅鉱、輝安鉱、方鉛鉱を伴ない、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱は稀である。鉄脈鉱床の金は粗粒のものが普通である。緑色岩帯中の鉄脈鉱床はブラワヤン層群の花崗岩体に近く分布していることが多く、縞状鉄鉱層中の金の分離再生によるとする説と貫入花崗岩による熱水鉱床説に分かれている。ジンバブエの金鉱床

第1表

層群名	サブ・ユニット	西部	岩質	東部
2500Ma -----グレート・ダイク-----				
SHAMVAIAN (シャンバイアン)				浅海性堆積岩層
約2700Ma		不整合	カルク・アルカリ岩系列(未発達)	
BULAWAYAN (ブラウヤン)	上部 緑色岩層		---バイモータル系列--- 苦鉄質/超苦鉄質* 火山岩類 ---ソレイアイト岩類--- ---コマチアイト質岩類*--- ---薄い堆積岩層---	堆積岩層
約2800Ma		不整合		
	下部 緑色岩層			火山岩・堆積岩累層
約3000Ma		不整合		
SEBAKWIAN (セバキアン)				火山岩・堆積岩累層 (一部に超苦鉄質火山岩類)
約3500Ma				

* ニッケル鉱床の賦存している層準

• BULAWAYAN 及び SEBAKWIAN 層群中には縞状アイアン・フォーメーションが特徴的

は小規模鉱山が大半を占め、年産 100 kg を超す鉱山は 60 程度である。1983 年度の金生産量は 13,635 kg で世界第 10 位である。最近の金鉱床の探査は微量の金を直接指示元素とする地化探を主体とし、Rio Tinto Zimbabwe 社の RENCO 鉱山はこれにより発見された。

タンザニア剛塊中の金鉱床は一部を除いて含金石英脈である。かつては 5,000 kg/年の金生産高をもっていたが、1968 年の国有化以来金の生産は止まってしまった。タンザニアの金鉱床は、ビクトリア湖鉱床区(緑色岩帯)とルカ及びムバンダ鉱床区(ウベンディア変成帯)に分けられるが、成因はジンバブエの場合と同様に縞状鉄鉱層中の金の分離再生によるとする説と貫入花崗岩によるとする説に分かれている。(技術部)

豊羽鉱床の生成モデルと探査指針

矢島淳吉・太田英順

豊羽鉱床には 30 条余の鉱脈が知られているが、この鉱脈群はそれらの交叉関係から、主として東西系の走向をもつ前期鉱脈(但馬鍾、播磨鍾など)と、北西-南東及び南北系の方向を示す後期鉱脈(宗谷鍾、出雲鍾、空知鍾など)の二群に分けられる。

前期鉱脈は多量の石英を脈石とし、これに英鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱を含む比較的単純な鉱物共生を示し、銀

鉱物は輝銀鉱、自然銀などである。東側の播磨鍾下部で硫砒鉄鉱、石墨が認められ、但馬鍾の西側へ赤鉄鉱、磁鉄鉱、Mn 鉱物が増加する。

後期鉱脈群はこれと対照的に多様な鉱物共生を示す。即ち、東南部の出雲鍾、空知鍾では、石英はしばしば玉髄質で量も少なく、磁硫鉄鉱(とその仮像)、硫砒鉄鉱、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱に Sn, W 鉱物(後に In 鉱物も加わった)を伴い、銀鉱物は Sb, As, Pb などとの硫塩鉱物である。北西方向へ行くに従ってこれらの鉱物は量を減じ、代って方鉛鉱の相対量が増し、かつ脈石として Ca, Mn の炭酸塩を多量に伴うという特徴を示す。

一方、流体包有物による温度、塩濃度の測定結果からは、前期鉱脈では東側深部から西側上部へ、後期鉱脈では東南部深部から北西方上部へ、それぞれ低下していく傾向が認められた。

以上の結果と、地域東南方の湯の沢の深部に推定されている熱源の存在とから、鉱液は前期においては東側下部から西方へ、後期には東南方深部から北と北西方向に流動して本鉱床を形成した、というモデルを考えた。後期鉱化作用の末期に運ばれてきた銀は、東南部で硫塩鉱物として、そしてこれが前期鉱脈を浸潤する中で硫化物としてそれぞれ沈殿し、この時に赤鉄鉱の磁鉄鉱化も行われるなど、本鉱床に産する多様な鉱物の産状がこのモデルにより統一的に説明された。

その後の研究で明らかになった脈石鉱物の累帯配列(特に北西部における弗素燐灰石の存在)も、このモデルと調和的である。

このモデルから導かれる探査指針としては、東南部鉱脈群(出雲、空知など)の鍾先と深部の探査が最も重要な目標になること、前期脈と後期脈の交叉部付近で銀の産状に注目すること、などが挙げられる。

その当時、空知鍾、出雲鍾は -300 mL まで開坑されていたが、現在では -450 mL まで開発が進み、更に下部に展開していくことが見込まれている。

(北海道支所)

黒鉱母岩の硫黄同位体比および黄鉄鉱/磁鉄鉱比の分布と鉱化帯

中嶋輝允・佐々木昭

秋田県大館市北・東部で金属鉱業事業団が行ったボーリングの試料をもとに、黒鉱鉱床母岩中の硫黄同位体比および鉄鉱物の分布を調べた。試料は、鉱床胚胎層準をはさみその上下盤それぞれ数 100 m にわたる範囲から 40

Fig. 2 $Py/(Py+Mt)$ ratio halo around Doyashiki, Matsumine, Shakamai and Matsuki and Shakanai kuroko deposits. Open circles: $Py/(Py+Mt) = 1$, closed circles: $Py/(Py+Mt) = 0$.

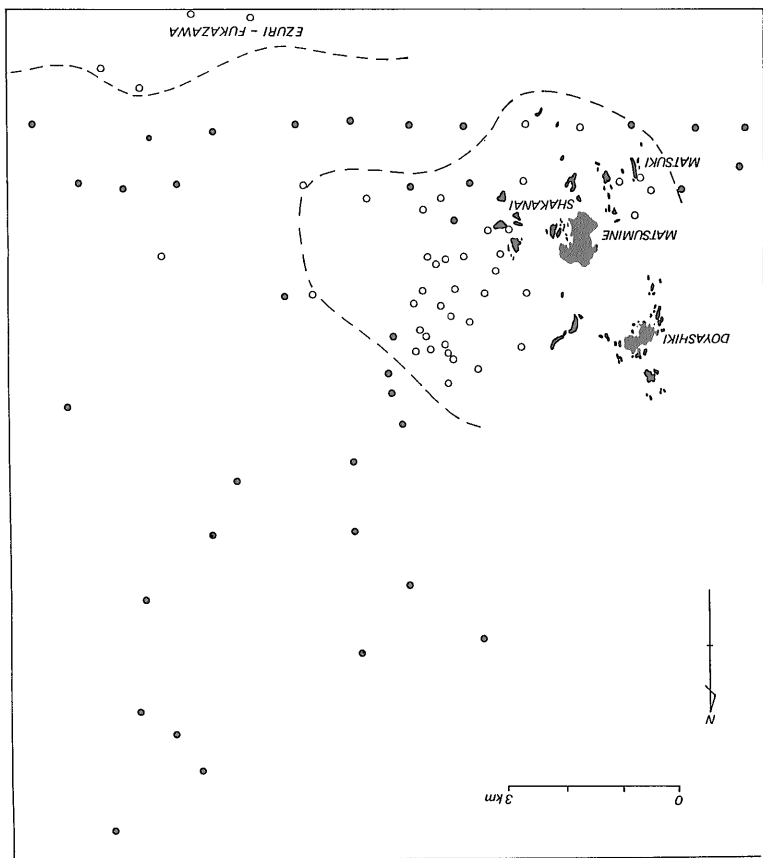
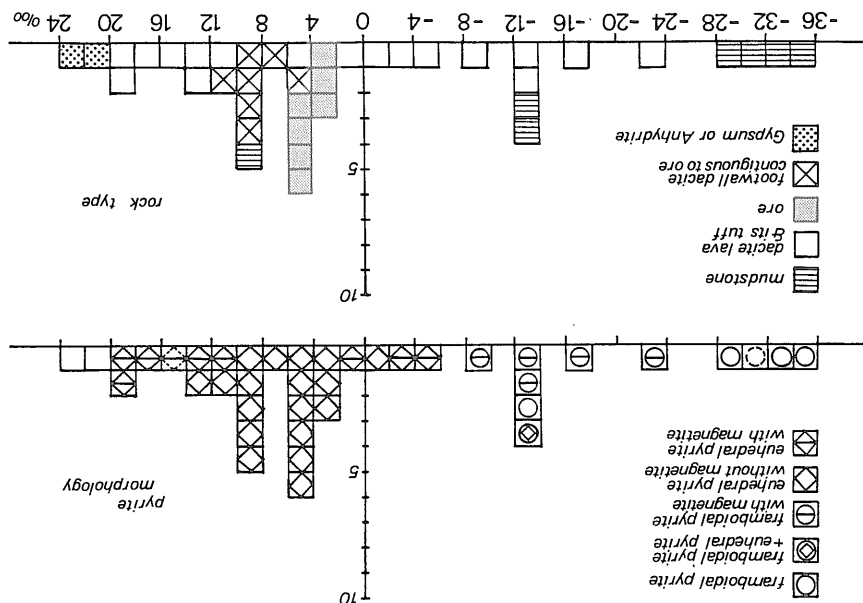


Fig. 1 Histogram of sulfur isotope composition of kuroko deposits and their wall rocks from the area north and east of Odate city.



余個をえらんだ。母岩には一部石膏や硬石膏などの硫酸塩鉱物の存在が認められるが、大部分の試料では硫黄は主に黄鉄鉱の形で存在する。

母岩および鉱床の $\delta^{34}\text{S}$ (CDT)値は $-35\sim+20\%$ の広い範囲にわたって変化する。これを母岩の種類、黄鉄鉱の形態、鉄化帯との関係などによって整理すると、基本的には次の3群に分類できる(Fig. 1)。

- i) $\delta^{34}\text{S} = -30 \pm 5\%$, 泥岩中のフランボイド状黄鉄鉱
- ii) $\delta^{34}\text{S} = -5 \sim +20\%$, 石英安山岩溶岩および同質火山砕屑岩(グリンタフ)中の自形黄鉄鉱
- iii) $\delta^{34}\text{S} = +3 \sim +10\%$, 鉱化帯の黄鉄鉱

- +3 ~ +5%, 鉱床層準の黄鉄鉱
 - +6 ~ +10%, 下盤鉱染状鉱化帯の黄鉄鉱

なお鉱床下盤側の泥岩で鉱化期の黄鉄鉱が鉱染するものではiとiiiの中間値が、またフランボイド状黄鉄鉱が混在するグリンタフではiとiiの中間値が観測される。

iおよびiiの硫黄の起源は、いずれも中新世の海水 SO_4^{2-} と考えられ、iでは微生物による還元が、iiでは主として母岩中の Fe^{2+} またはC成分による無機約還元、そしておそらく一部では微生物による還元も加わって硫化物硫黄がつけられたものであろう。iiの硫黄については“火成源硫黄”の存在も一部予想されるが、その識別はむずかしい。

鉱化帯の硫黄iiiは、せまい範囲に集中する $\delta^{34}\text{S}$ 値で周辺グリンタフ中の硫黄とは明瞭に識別される。この値が単に北鹿地域のみならず、各地のグリンタフ帯鉱化作用にも等しく認められることは、鉱床硫黄が共通の何らかの巨大な源から導かれたことを示唆するものであろう。

グリンタフ中の鉄鉱物としては磁鉄鉱が最も普遍的である。ただし鉱化帯付近ではこれが消失し、代って黄鉄鉱が増大する。この様子はモードでの $\text{Py}/(\text{Py}+\text{Mt})$ 比(P比)の分布で明瞭に示され、一種の鉱化帯ハローとして認められる(Fig. 2)。黒鉄母岩中のP比分布は、母岩中の硫黄含有量、硫黄同位体比の分布と共に鉱床探査にも有効と思われる。(鉱床部)

北鹿地域の地球物理的構造について

大熊茂雄

北鹿地域は、本邦における代表的な金属鉱床密集地域であり、従来より数多くの物理探査が行われてきた。

本地域における黒鉄鉱床を対象とする物理探査は、早くも大正末期のSP法(自然電位法)試験に始った。最近では、従来実施されたことのない反射法地震探査も行われるに到った。したがって本地域では総ての物理探査法が試みられたと言っても過言でない。

ところでこれらの物理探査法は、金属鉱床探査を対象とした場合、その目的によって二つに分けられる。すなわち鉱床とその母岩との物性の差から鉱床を探査する直接探査法と、鉱床の形成および賦存に特徴的な地質構造を調査する間接探査法である。

前者の例としては電気探査法が代表的なものであり、現在の黒鉄鉱床探査の精査として、IP法やスペクトルIP法などがよく用いられている。

一方後者には磁気および重力探査法などがあり、地下深部の情報を比較的容易に得ることができる。したがって現在課題となっている鉱床形成の場の深部地質構造について議論する場合は、後者のデータを用いることになる。

磁気探査は、本地域において地上磁気探査と空中磁気探査が実施されている。地上磁気探査は、地表近くの磁性体の影響を強く受けるため、深部の構造解析に用いるのは難しい状況にある。一方空中磁気探査は金属鉱床事業団の広域調査で実施され、当地域関係には「八甲田地域空中磁気探査(1971-1972)」,「北秋地域空中磁気探査(1973)」,「西津軽地域空中磁気探査(1975)」がある。

このうち「八甲田地域空中磁気探査報告書(1972)」の磁力変化図を参照すると、大館盆地においては弱い低磁気異常中の鞍掛山付近の高磁気異常が、また十和田湖周辺では中波長高振幅の逆帯磁岩体によると思われる二つの磁気異常がそれぞれ特徴的である。

報告書の解析結果によると、鞍掛山の磁気異常は山体を構成する石英閃緑岩岩体によるものと推定され、十和田湖周辺の逆帯磁気異常はダイク状の貫入構造で閃緑岩あるいは安山岩類に対応するものと推定されている。

しかしながらこれらの解析結果と黒鉄鉱床との関係は、なお不明の点が多い。今後の研究課題である。

次に重力探査は、地質調査所の広域調査から秋田県共同事業に受けつがれ、ブーゲ異常図が「秋田県総合地質図幅(1973)」の中にまとめられている。これらのデータを用いた定性解析は、瀬谷(1965)、佐藤(1972)によって行われ、低重力異常から高重力異常への遷移急変帯に黒鉄鉱床が賦存する機会が多いと指摘している。

また定量解析は駒澤(1984)によって行われ、門前・台島一西黒沢階および西黒沢一女川階各々の境界面深度を3次的に推定している。これによると推定境界面の変

化の大きな所や谷の部分に鉱床が分布している場合が多いことが分る。

以上のレビューの結果から、黒鉱鉱床は地下深部の断裂構造や凹部構造と何らかの関係を持つものと推定される。

したがって物理探査法によってこれらの構造を如何に把握するかが重要であり、そのため深部構造に関する有用な情報を提供する重力データの積極的活用を図る必要があると考えられる。(物理探査部)

串木野金鉱床地域の鉱化熱水系 —安定同位体による研究—

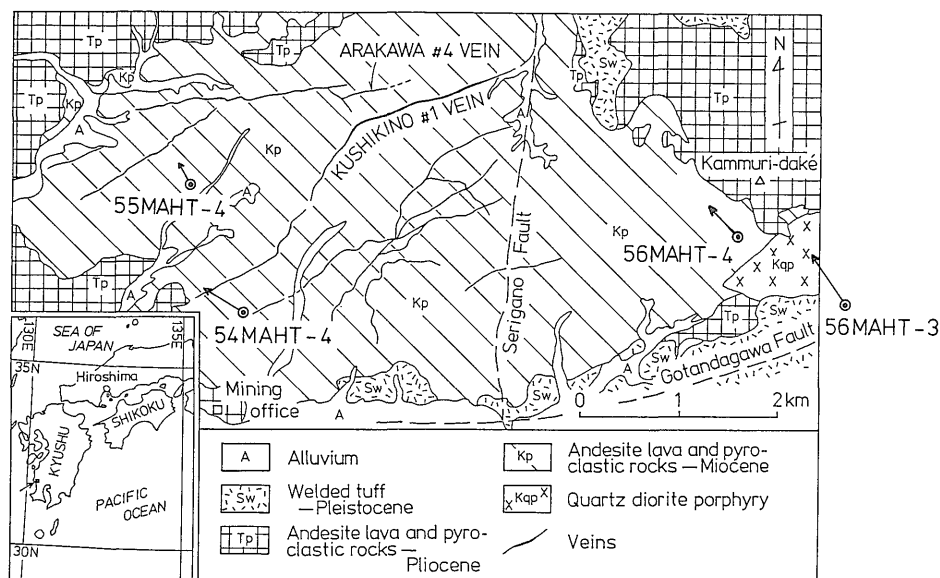
森下祐一・松久幸敬

串木野鉱床は含金銀石英・方解石脈だが、鉱床胚胎地域には広く石英・方解石脈が分布している。これら熱水から晶出した石英・方解石の酸素及び炭素同位体比を分析することにより、同位体平衡温度や熱水の同位体比が計算され、熱水の起源や拡がり等を推定することができる。まず始めに串木野鉱床の鉱液の性質について調べ、次に串木野鉱床を含む、より広い地域の熱水系について考察することとする。

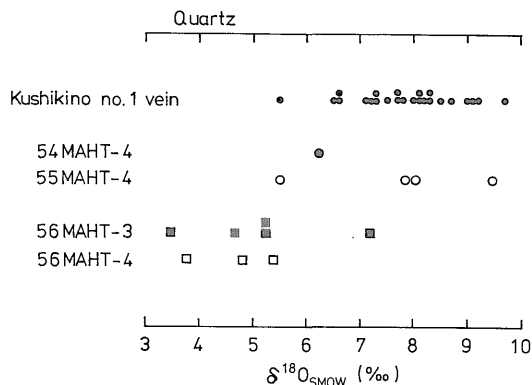
串木野鉱床の試料は、串木野1号鍾と荒川4号鍾(第1図)から採取されたものだが、石英と方解石が比較的粗粒で互いに偏在している部分と、両者が細粒で密に共

存している部分とがある。鉱液の酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}$)は -7‰ (SMOW)で、この地方の現在の地下水の値である -6.0‰ ~ -6.5‰ と良く一致し、鉱液の天水起源を示唆する。石英と方解石が $\delta^{18}\text{O} = -7\text{‰}$ の鉱液から晶出したと仮定して、両者の $\delta^{18}\text{O}$ 値を温度の関数として計算すると、同位体平衡分別曲線が得られる。石英と方解石が密に共存している試料の $\delta^{18}\text{O}$ 値はこの曲線上に乗るが、両者が偏在している試料の値はこの曲線から外れ、非平衡であったと考えられる。同位体平衡温度は串木野1号鍾の東部が高温で、西に向かって低下する。また、石英・方解石の平衡組合せが金の富鉱部に対応し、非平衡組合せか片方の鉱物しか得られない地点は富鉱部から外れている。

串木野脈中の方解石の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)から、鉱液の $\delta^{13}\text{C}$ は、 -10.8‰ (PDB)であったと計算される。鉱液の $\delta^{18}\text{O}$ が -7‰ で $\delta^{13}\text{C}$ が -10.8‰ であったと仮定して、晶出する方解石の δ 値を温度の関数として計算すると、鉱液中の溶存種が $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{app})$ の場合と HCO_3^- の場合とで2本の同位体平衡分別曲線が得られる。実験で得られた実測値は $140\text{--}150^\circ\text{C}$ より高温では $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{app})$ dominantの曲線上に乗り、それより低温では HCO_3^- dominantの曲線上に乗る。つまり、鉱液中の炭素を持つ溶存種が、温度の低下に伴って $150\text{--}140^\circ\text{C}$ で $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{app})$ から HCO_3^- に変化したことになるが、その妥当性はMATSUHISA *et al.* (1985)が詳しく論じている。平衡組合せの方解石だけでなく、非平衡組合せの方



第1図 串木野鉱床地域の簡略地質図



第2図 石英の酸素同位体比

解石も共通のトレンドを持つので、両者とも同一の同位体比を持つ熱水から晶出したことがわかる。

次に、串木野鉱床地域の鉱化熱水系を広域的に調べるため、第1図に位置を示した4本のボーリング・コアより石英・方解石脈を採取して同位体比を測定した。石英の $\delta^{18}O$ 値を第2図に示すが、冠岳地区の2本のコアの値は串木野地区のものより低く、冠岳地区の熱水の $\delta^{18}O$ が串木野地区の-7‰かそれ以上であれば、冠岳地区の石英の方が高温で晶出したと言える。冠岳地区の方解石の $\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$ 値は串木野鉱床のものと同じトレンドを示し、同一の鉱化熱水系に属していたと考えられる。しかし、冠岳地区では方解石は種々のステージ(温度)で晶出しており、鉱化熱水から晶出したと見られる石英とは非平衡であると考えられる。冠岳地区では石英・方解石脈の金の含有量は低い、このことは石英と方解石の平衡組合せが見られない事に対応していると考えられる。

文 献

MATSUHISA, Y., MORISHITA, Y. and SATO, T. (1985) Oxygen and carbon isotope variations in gold-bearing hydrothermal veins in the Kushikino mining area, southern Kyushu, Japan. *Econ. Geol.*, vol. 80, p. 283-293.

(鉱床部)

四万十帯及び北海道中軸帯の堆積岩類の化学組成—予察—

佐藤岱生* 寺岡易司**
奥村公男** 小笠原正継*

この研究は、深部鉱物資源ポテンシャル評価特別研究のサブテーマのひとつである「岩石中の金属の挙動の研究」の一環として行なわれた。ここでは、砂岩・頁岩・緑色岩類約690個の検討結果について報告する。

分析は、TSL (Technical Service Laboratory)においてICP分析法によって行なわれた。分析成分は、 SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , T. Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , BaO , SrO , ZrO_2 , LOI, Ag, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sr, V, Zn, Zr である。

FeO と灼熱減量(LOI)は、従来の方法で分析された。 Fe_2O_3 は、 $T. Fe_2O_3 - 1.1113 \times FeO$ として計算し、LOIは、 $0.11113 \times FeO$ を加えて補正した。一部の試料については、放射化分析法によってAuが分析された。

試料は、四万十帯では九州耳川地域の白亜系・古第三系、四国宇和島周辺の白亜系、赤石山地の白亜系及び古第三系の岩石が使用された。また、西南日本中軸帯の白亜系大野川層群の砂岩・頁岩および九州秩父帯の緑色岩も分析された。北海道中軸帯では、日高帯北部(北見地域)、日高帯南部、常呂帯、神居古潭帯の岩石試料が使用された。

Na_2O-K_2O 図において、四万十帯では $Na_2O:K_2O$ が1:1の線を境にして Na_2O 側に砂岩が、 K_2O 側に頁岩がプロットされる傾向がいちじるしいが、北海道ではこの傾向が薄れて、砂岩と頁岩が重複してプロットされる。特に日高帯北部の頁岩では、 K_2O に乏しく Na_2O に富むものがある。北海道中軸帯の砂岩・頁岩は四万十帯のものに比べて分布範囲が広い。四万十帯では、白亜系に比較して古第三系の砂岩・頁岩は Na_2O , K_2O の少ない領域にプロットされる。宇和島地域と大野川層群の岩石は、ほぼ同じ領域にまとまってプロットされる。 $Na_2O-K_2O-T. Fe_2O_3+MgO$, Na_2O-K_2O-MgO , Na_2O-K_2O-CaO 三角図に地域・時代別の平均値をプロットして比較すると、四万十帯の砂岩は $T. Fe_2O_3+MgO$, MgO , CaO のいずれの成分も少なく、まとまった分布を示すのに対して、北海道の砂岩はこれらの成分が多く、また分布範囲も広い特徴が見られる。頁岩については、北海道で CaO がやや多い以外は大きな差は見られない。

頁岩の MnO/TiO_2 によって、遠洋性堆積物かどうか判定できると言われているが、四万十帯・北海道ともに平均値で0.05-0.3の値をとり、遠洋性を示す1-10の値をとるものは個々の試料で見てもほとんどなかった(図)。

緑色岩は、 $Na_2O+K_2O-SiO_2$ 図で検討したところ、アルカリ岩と非アルカリ岩の境界にまたがって分布する。

(*鉱床部 **地質部)

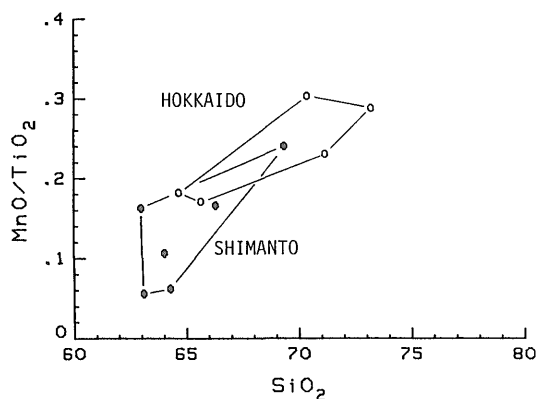


図 頁岩の MnO/TiO₂-SiO₂ 図
地域・時代別の平均値をプロットした

リモートセンシングによる多角形 リニアパターンと金鉱床

古宇田亮一

ランドサット衛星によるリモートセンシングデータは、

- (1) 同時広域性(地方時間 9:30-10:30 ごとに 180 km 四方)
- (2) 反復性(16日又は18日ごとに同一地域)
- (1) 多スペクトル特性(MSS センサで可視-近赤外域 4 帯, TM センサで可視-赤外域 7 帯)

に優れている。反面、分解能は低い(MSS で 79 m 四方, TM で 30 m 四方)。南九州に於ける複数の MSS シーン(72.12.2, 80.10.30, 81.1.28 など)をデジタル強調処理後、画像判読して比較した。画像からの線抽出を客観的に実行するため、複数の画素の線的並び(20画素以上)に注目し、これを線の画素関連と名づけた。線の画素関連をただ機械的に抽出し、明らかな人工構造を除いた結果、多数の線状模様(リニアパターン)を確認した。と同時に、幾つかの多角形状も観察された(古宇田ほか, 1985)。これらは、深部地下構造に関係すると考えられる。例えば、えびの地震に関係する加久藤カルデラ(荒牧, 1968)の外形は、六角形状の線状模様を示す。これはカルデラの中にあるものには、その外形を示す線状模様が多角形状になり得るものがあることを強く示唆する。

一方、世界的にみて、カルデラや貫入岩に相関する浅熱水性鉱床が多数報告されている(STEVEN *et al.*, 1974 など)。

そこで、次の仮定を考える。

- 〔仮定 1〕 衛星画像の線状模様は断裂系を反映する。
- 〔仮定 2〕 カルデラや貫入岩を反映する線状模様は多角形状を示すことがある。
- 〔仮定 3〕 浅熱水性鉱床を生ずる鉱化溶液は、断裂系に規制されて流れ、鉱床も断裂に規制される。

以上の仮定が正しいなら、浅熱水性鉱床の位置と多角形状は強く相関するはずである。リモートセンシングによる線状模様抽出図の上に金銀鉱床の分布をプロットしたところ、鉱床近傍に多角形状が良く観察された。これは、仮定の成立を強く示唆する。更に鉱床未発見地域でも多角形状が幾つか観察される。従って、この地域における金銀鉱床賦存可能性を、多角形状線状模様の近傍で今後検討する余地があるのではないだろうか。

文 献

- 荒牧重雄(1968) 地震研究所輯報. vol. 46, p. 5-15.
- 古宇田亮一ほか(1985) 日本リモートセンシング学会誌. vol. 4, p. 321-340.
- STEVEN *et al.* (1974) Jour. Res. U.S.G.S., vol. 2, p. 405-409. (鉱床部)

花崗岩質メルト・水溶液系の 高温高压実験と元素の分配

浦辺徹郎

要旨 冷却しつつある花崗岩質マグマから放出された水溶液相中に重金属類が濃集して熱水鉱床を作るという考えは広く受け入れられている。しかしどの様な花崗岩質マグマが鉱床をもたらすのかについては従来研究がなされていなかった。この点を解明するため、単純化された花崗岩組成のメルトと塩化ナトリウム水溶液を高温高压下で共存させ、鉛および亜鉛の両相中への分配を調べた。用いた装置は内熱式高温高压装置と呼ばれるもので、ガス増圧部、高温高压容器、および制御部より成る。まずガス増圧部において、ポンプ中のアルゴンガスがガスブースター、ガスインテンシファイヤーにより 3.5 キロバールまで増圧され、高温高压容器中へ送られる。この容器は大砲の砲身を輪切りにした様なもので、内部の空洞中に円筒形の電気炉が挿入されており、容器外側からは冷却水により冷却されている。この装置は容器全体を電気炉中に置くいわゆる外熱式のものに比べ、温度上

昇による鋼材の強度低下を防げるため、より高温高圧領域の実験に適している。温度はサイリスタ式コントローラーで制御されている。圧力はストレインゲージ型圧力計で測定するが、もれがない限り一定に保つことができる。

実験の結果、鉍液を放出するのはアルミナ質の花崗岩メルトであることが判明した。水溶液中の鉛・亜鉛とメルト中の鉛・亜鉛の濃度比はアルカリ質メルトの場合、アルミナ質の場合と比べて約100分の1と小さくたとえ水溶液相を放出してもその中に含まれる金属の濃度

は鉍液たり得る程濃くなり得ないと考えられる。

またメルトと水溶液間の金属の分配比は圧力に大きく依存し、圧力が低い程重金属が水溶液相中に分配されることも明らかになった。これらの結果を総合して考えると、鉍床をもたらす花崗岩体の性質としては；(i)アルミナ質であること。つまりノルムコランダムを持つこと、(ii)浅所貫入岩体であること。つまり水溶液相を地下浅所で分離すること、(iii)爆発的でない水溶液相の放出、(iv)天然の観察結果よりマグネタイト系(石原, 1977)であること、などが必要であることが推定される。(鉍床部)