

北薩地域の金鉱床探査における 物理探査結果とその解釈

菱田 元¹⁾・武田 哲一¹⁾

1. はじめに

広域地質構造調査(以下「広域調査」)は、通商産業省(平成13年度以降は経済産業省)から委託され金属鉱業事業団が実施してきたもので、北薩・串木野地域(以下「北薩地域」)の広域調査は昭和53年度(1978年度)に開始し平成15年度(2003年度)に終了したが、昭和50年度(1975年度)～昭和52年度(1977年度)の間に実施された金鉱山の基礎的地質鉱床調査を含めると計28年間、調査が行われてきたことになる(中山, 2004)。鉱床周辺の変質帯と物理探査示徴の関係が明瞭であること、地域のかなりの割合が鉱床生成年代より若い時代の火山噴出物に覆われていることから、広域調査では物理探査が積極的に用いられてきた。菱刈鉱床の発見(昭和55年度;1980年度)に物理探査が大きく貢献したことも特筆される。

この間における物理探査の技術的進歩は著しく、その時点における最新の物理探査技術が調査に取り入れられた。地上物理探査の現地調査・解析のほとんどは国内コンサルタント会社が実施したが、金属鉱業事業団のスタッフ自らが直轄で実施した場合もある。一方、空中物理探査の現地調査・解析は海外コントラクターが請け負った。調査結果の地質学的解釈については、金属鉱業事業団内部で検討されると同時に大学や産業総合技術研究所(旧地質調査所;以下「産総研」)の研究者、鉱山会社の技術者、鹿児島県商工労働部の担当者等で組織された検討会でも活発に議論された。

2. 広域調査における物理探査の変遷

北薩地域でこれまで用いられてきた物理探査手法は、重力探査、電気・電磁探査(シュランベルジャー法、比抵抗/IP法、CSAMT法、AMT法、TEM法)、空中電磁探査、空中磁気・放射能探査、地震探査と多岐に亘っている。これらの手法が約1,200km²の北薩地域の中で順次行われてきた。ここでは物理探査の手法別に、それらがどのような目的で採用され、調査した結果何が明らかとなったのかについてまとめる。

2.1 重力探査

重力探査はこの地域の基盤構造を把握することを主目的として実施されてきた。金鉱山の基礎的地質鉱床調査を含めた広域調査の歴史の中では、前半(昭和50年度～平成2年度)に頻繁に実施され、特に昭和59年度～平成2年度の間は各地区で測点密度を上げた調査が行われたが、それ以降は実施されなくなった。その理由として、この時点で地域全域の重力データがほぼ揃い、それらを他の機関や会社により取得された重力データと合わせて編集した産総研所有の重力データバンクのデータが整備されたこと、その結果、それを活用すれば十分な判断材料が得られるようになったこと、が挙げられる。技術的には、浅熱水性金鉱床及び周辺の熱水変質帯の規模と重力探査の分解能との関係から、測点密度をある一定の値以上に上げても鉱床そのものは重力異常として捕らえられないことも一因である。

昭和50年度と昭和54年度の調査範囲は各々350km²、530km²と相対的に広いが、昭和59年度

1) 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

キーワード: 物理探査, 重力探査, 電気探査, 電磁探査, 空中電磁探査, 空中磁気・放射能探査

以降は40～60km²程度の範囲の有望地区に対して精査が行われた。測点密度は概査で1.3点/km²、精査で4～7点/km²である。測定はラ・コスト重力計を用いて行われた。解析は、測定データと既存データを合わせて補正密度2.4g/cm³のブーゲー異常図を作成した後、2次元断面解析や3次元2層構造解析を行った。

北薩地域では、ほとんどの既知鉱床・鉱徴地は高重力異常域の頂部又は肩に位置している。菱刈鉱山周辺では基盤岩である四万十累層群の隆起が高重力異常の源であることが確認されており、鉱床生成は基盤の隆起の際に上位の火山岩類にもたらした亀裂に関係していると考えられている(岡田, 2004)。串木野鉱山も鉱床は高重力異常の肩に位置するが、周辺のボーリング及び坑内最下底レベルでは四万十累層群は確認されていない。しかし、コンピューター・シミュレーション実験によれば、四万十累層群の上昇が上位の火山岩類に裂罅系～鉱脈鉱床の形成をもたらし、その結果として鉱床と高重力異常の関係が導き出されている(Morishita and Kodama, 1986)。また、上位の火山岩類が一連の鉱化変質作用の中でプロピライト化して高密度となり、これが高重力異常をもたらしているとの考えもある。高重力異常の成因についてはいろいろ議論があるが、高重力異常と金鉱床との密接な位置関係がほぼ全域に亘って認められることから、重力データは広域調査データの中でも探査指針となる重要な役割を担ってきたといえる。

2.2 電気探査・電磁探査

電気・電磁探査は広域調査の歴史の中で最も頻繁に用いられた物理探査手法である。金鉱床(含金石英脈)それ自体は高比抵抗であるが、その規模と探査分解能の関係から地表からの抽出は難しい。一方、その周囲に発達する粘土化変質帯(低比抵抗)や珪化変質帯(高比抵抗)は鉱床より規模が大きく、地表から低比抵抗や高比抵抗としてこれを抽出することが可能である。採用された電気・電磁探査を手法別に見ると、電気探査はシュランベルジャー法が8件、IP/比抵抗法が2件、電磁探査はCSAMT法(含AMT法)が7件、TEM法が2件である。電磁探査は電気探査と比較すると水平

分解能が高く低比抵抗抽出に優れているため、シュランベルジャー法は一時期CSAMT法に取って替わられるようになったが、作業の簡便性・低コストなどの理由から、後半になってからは再びシュランベルジャー法が採用されるようになった。

・シュランベルジャー法

シュランベルジャー(Schlumberger)法は直流比抵抗法電気探査の一手法である。地表測線上において、外側の一對の流電電極(A, B)で直流電源を大地に流し、内側の一對の電位電極(M, N)で大地の電位応答を測定する。電流値、電位値、電極間隔(AB, MN)より大地の比抵抗を求めるが、流電電極間隔(AB)を徐々に広げて電流を地中深く流すことにより、深部の比抵抗を求める。この手法は数～20km²の範囲の各地区で精査として実施され、測線は100～400m間隔で設定された。可探深度を地表下300m程度に設定したため、流電電極間隔の半分であるAB/2は最大で1,500mにすることが多かった。広域調査の初期は電極間隔と見掛比抵抗の関係を両対数表示したVES(vertical electric sounding)曲線による解析が主であった。これは水平多層構造を求める手法であるが、その後1次元逆解析、2次元逆解析が順次導入され解析の精度は高まった。

菱刈鉱山本鉱床の上でのシュランベルジャー法は昭和53年度(1978年度)に実施されたが、この時の測線は大口径鉱山下牛尾鉱床の上から南南東に延長された全長14.5kmに亘るものであった。解析の結果、上位から下位に向かって第1層高比抵抗・第2層低比抵抗・第3層高比抵抗が抽出され、各々シラスや溶結凝灰岩類、粘土化変質した北薩火山岩類、基盤の四万十累層群、と解釈された。第2層の低比抵抗は大口径鉱山下牛尾鉱床上の示徴と同様で、この3層構造が本地域の浅熱水性金鉱床周辺の代表的比抵抗モデルとなった。

・CSAMT法

CSAMT(Controlled Source Audio-frequency Magneto Telluric)法は自然電磁場を利用したMT(Magneto Telluric)法を応用したものである。人工送信源を用いて浅部の探査精度を上げるべく1970年代初頭に北米で技術開発された手法で、鉱床探査や地熱調査に用いられるようになった。金属鉱業事業団では昭和56年度(1981年度)より

技術開発事業の一環として国内鉱山地域で試験調査を開始し、菱刈鉱山でも試みられた(辻本, 1989)。

CSAMT法は、シュランベルジャー法と比較して横方向の分解能が高く、探査深度を増す場合の作業性にも優れていることから、広域調査では昭和60年度(1985年度)から比抵抗マッピングや精査に用いられるようになった。調査範囲は数~60km²で、測定点は調査範囲内にできるだけ均等に配置し、比抵抗分布を求めた。測定点密度は1.6~15.3点/km²で、調査によりかなり幅がある。測定器は主に米国Zonge社製のシステムが用いられたが、カナダPhoenix社製のものを使用した場合もある。測定周波数は2~2,048Hz間をバイナリーステップで採用し計11周波数の電場・磁場を測定したが、より低周波を利用した場合もある。解析は1次元の順解析・逆解析(水平多層構造解析)が主であったが、平成6年度(1994年度)の incoming 地区におけるAMT法(自然電磁場をソースとした方法だが、MT法よりも周波数が高く地下浅所を探査できる)ではIn-line測定(設定した測線上に一定間隔で電場測定の点を設ける)を採用し、2次元逆解析(Uchida and Ogawa, 1993)を適用した。各地区において、抽出された低比抵抗帯のいくつかは地質学的に粘土化変質帯と解釈されたが、これらはボーリングによりかなり高い確度で検証された。

・TEM法

TEM (Transient Electromagnetic) 法(又はTDEM (Time-Domain EM) 法ともいう)は、地表に展開した円形又は正方形ループに流していた電流を遮断し、その際地下に浸透する渦電流により誘導された磁場を、地表に設置した誘導コイルで時系列的に測定する方法である。電流遮断直後は地下浅部の磁場応答が、電流遮断から時間が経つと地下深部の磁場応答が得られ、この磁場応答は大地の比抵抗に依存する。TEM法は、平成元年度(1989年度)と平成10年度(1998年度)の2回採用されただけであった。これは、広域調査実施時期がCSAMT法を国内に導入する時期と重なっていたことが主な理由と考えられるが、作業効率の点でCSAMT法がTEM法に優っていたことも一因である。精査地区の調査面積を考えると、CSAMT

法では送信源がほぼ1箇所又は2箇所固定できるのに対し、TEM法では送信ループを絶えず移動する必要があり、地形が急峻な北薩地域においては作業効率がかかなり悪くなる。

平成10年度(1998年度)には空中磁気探査で磁気平坦面が抽出された馬場迫地区(王ノ山鉱山を含む)11km²でTEM法を実施した。PROTEMを用いたout-loop配置の測定で、計375点の高密度の測定を行った。1次元逆解析の結果、第1層高比抵抗(シラス)と第2層中~高比抵抗(北薩火山岩類)が解析され、第1層の層厚も求められた。王ノ山鉱山からその東にかけては、第2層中~高比抵抗の中に顕著な低比抵抗が抽出され、鉱化変質に起因するものと解釈された。これはシラスの下位の変質帯を捉えたものとして評価できる。

・IP法

IP (Induced Polarization) 法は地表で電流を流すことにより、地下の硫化鉱物やある種の粘土鉱物と周囲の間隙水との間で電気化学的反応を強制的に引き起こし、その結果得られる電位応答を地表で測定する電気探査の一手法である。主として火山性硫化物鉱床やポーフィリー型銅鉱床の探査に用いられる。IP法を浅熱水性金鉱床探査に用いる場合は、鉱床周辺の粘土化変質帯中に黄鉄鉱やIP現象を強く示す粘土鉱物が含まれていることが期待されるが、どの鉱床でも顕著なIP異常が得られているわけではない(Allis, 1990)。例えば菱刈鉱山の場合、山田鉱床の上では顕著な異常が認められるが、本鉱床の上ではIP異常は微弱であり、その理由についてはいくつかの解釈がされている。

広域調査では平成6年度(1994年度)に incoming 地区において、平成14年度(2002年度)に宮之城地区吉野・杉馬場においてIP法が実施された。このうち、宮之城地区吉野・杉馬場は、地質調査の結果、北薩地域で特徴的に認められる比抵抗構造のうち第1層の高比抵抗に起因するシラスなどの分布が殆どなく、地表には、鉱床賦存が期待される第2層に相当する粘土化変質帯が広く分布し、かつ黄鉄鉱鉱染の強い箇所での金の地化学異常が高いことから、ボンナザを捕捉するにはIP異常が有効と判断しIP法電気探査を実施した。

現地調査は、長さ数kmの測線を200mあるいは

400m間隔で東西方向に展開し、ダイポール・ダイポール電極配置(電極間隔 $a=100\text{m}$, $n=1\sim 5$)で仏・IRIS社製の測定器で時間領域のデータを取得した。2次元逆解析・プログラム(Sasaki, 1982)により解析し抽出された中比抵抗/高充電率と低比抵抗中の中～高比抵抗をターゲットにボーリングを実施した。ボーリングの結果は、本誌特集号の中山(2004)にまとめられているが、ボーリングで確認された岩相や変質は、IP異常と調和的で黄鉄鉱鉱染を伴う珪化岩や石英脈を捕捉している。

2.3 空中電磁探査

空中電磁探査は技術開発事業の一環として当時国内の黒鉱鉱床や浅熱水性金鉱床を対象として行われ、昭和53年度(1978年度)に北薩地域で実施された。広域調査が同時並行に進んでおり、調査範囲は既知の大口鉱山下牛尾鉱床からその12km南南東の菱刈山田地区にかけての 60km^2 に設定された(Johnson and Fujita, 1985)。用いた空中電磁探査システムはカナダ・Scintrex社製HEM-802システム(周波数領域)で、ヘリコプターから送受信コイルを格納したバードを対地高度40mで曳航した。飛行測線はNW-SE方向にとり250m間隔で設定した。総飛行測線距離は250kmである。電磁探査データは周波数領域で735Hzと3,220Hzの2周波数について同相成分と離相成分の電磁応答が測定され、各々の見掛比抵抗平面図が作成された。バードの中には磁気センサーも収められ、全磁力のデータが取得された。当時はGPSがまだ実用化されておらず、ナビゲーションは縮尺1/25,000の航空写真図を頼りに目視で行った。

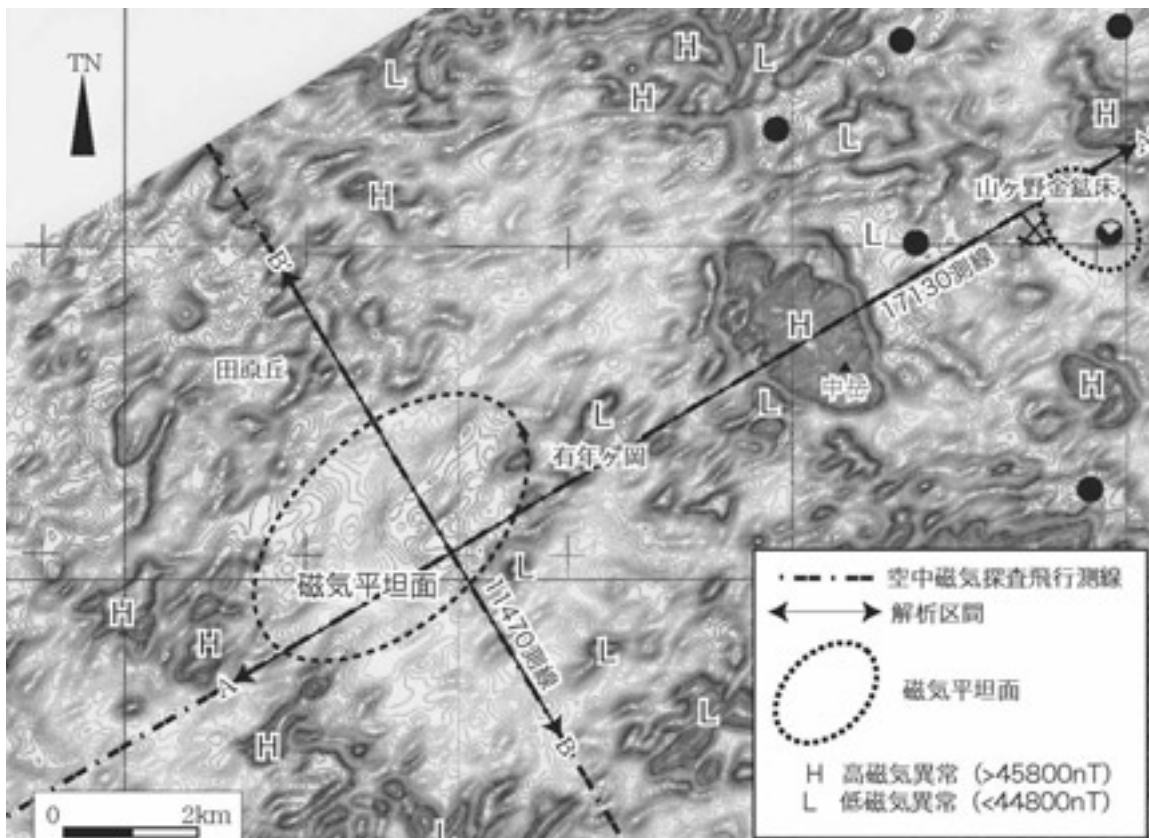
大口鉱山周辺では、735Hzと3,220Hz両方の測定周波数において、バックグラウンドが $100\ \Omega\text{m}$ に対し下牛尾鉱床の上で $30\ \Omega\text{m}$ の低比抵抗が抽出された。この比抵抗異常はシュランベルジャー法電気探査の結果と良い一致を示し、粘土化変質帯に起因するものと解釈された。菱刈山田地区においても同様の示徴が抽出され、これが菱刈鉱山本鉱床の発見につながるボーリングの位置選定理由の一つとなった。全磁力の測定結果からは菱刈山田地区は相対的に全磁力の起伏が低い部分(磁気平坦面)に位置することが判明し、電磁・磁気データともに鉱床に係る示徴を抽出したと評価さ

れる。

2.4 空中磁気・放射能探査

1980年代後半より海外の鉱山会社は空中磁気探査を鉱床探査に積極的に用いるようになってきたが、これは高精度の磁気探査データが、地質構造把握・岩相区分・変質帯の抽出の3つに優れていることが明らかになってきたためである。磁気センサーの精度向上、GPSの導入による高精度の位置決め、密な飛行測線間隔・低飛行高度でのデータ取得、解析技術や画像処理技術の進歩等が背景となっている。環太平洋地域の浅熱水金鉱床探査でも、低飛行高度・密な飛行測線間隔で取得する高分解能の空中磁気探査の有効性が指摘された(Irvine and Smith, 1990)。また、放射能探査は地表下数十cmまでの浅い部分しか捉えられないものの、カリウム(K)、トリウム(Th)、ウラン(U)という岩相・変質(及びその風化生成物)と密接に関係する元素の濃度が測定可能なことから、空中磁気探査と併用して用いられていた。

この流れを受け、平成8年度(1996年度)に空中磁気・放射能探査の豊富な経験を有する豪州WGC社(World Geoscience Corporation Pty. Ltd.)のシステム・技術者を使い調査を実施した。鉱化変質帯に起因する磁気異常・放射能異常の抽出のほかに、磁気データから広域的な地質構造を把握し北薩地域を再評価することも目的としたため(中山, 2004)、調査範囲は北薩地域ほぼ全域の $1,200\text{km}^2$ の範囲に設定した。地形が急峻であることから、固定翼航空機ではなくヘリコプターにステインガーマウントと呼ばれる磁気センサーホルダーを取り付け、対地高度80m、飛行測線間隔200mで総飛行測線距離7,800kmのデータを取得した。このような高密度スペックで広範囲に空中物理探査を実施したのは国内初であった。測線の方向は、空中電磁探査の時と同様にNW-SE方向としたが、これはこの地域では金鉱床鉱脈の走向がいずれもNE-SW系であることによる。調査の結果、磁気データは誘導磁気に比べ残留磁気が卓越することが明らかとなり、岩相との対比が明瞭に行えた。また、菱刈鉱山鉱床群、串木野鉱床、山ヶ野鉱床を初めとする既知鉱床・鉱徴地は、熱水変質による磁性鉱物の消滅～変質により、いずれも磁



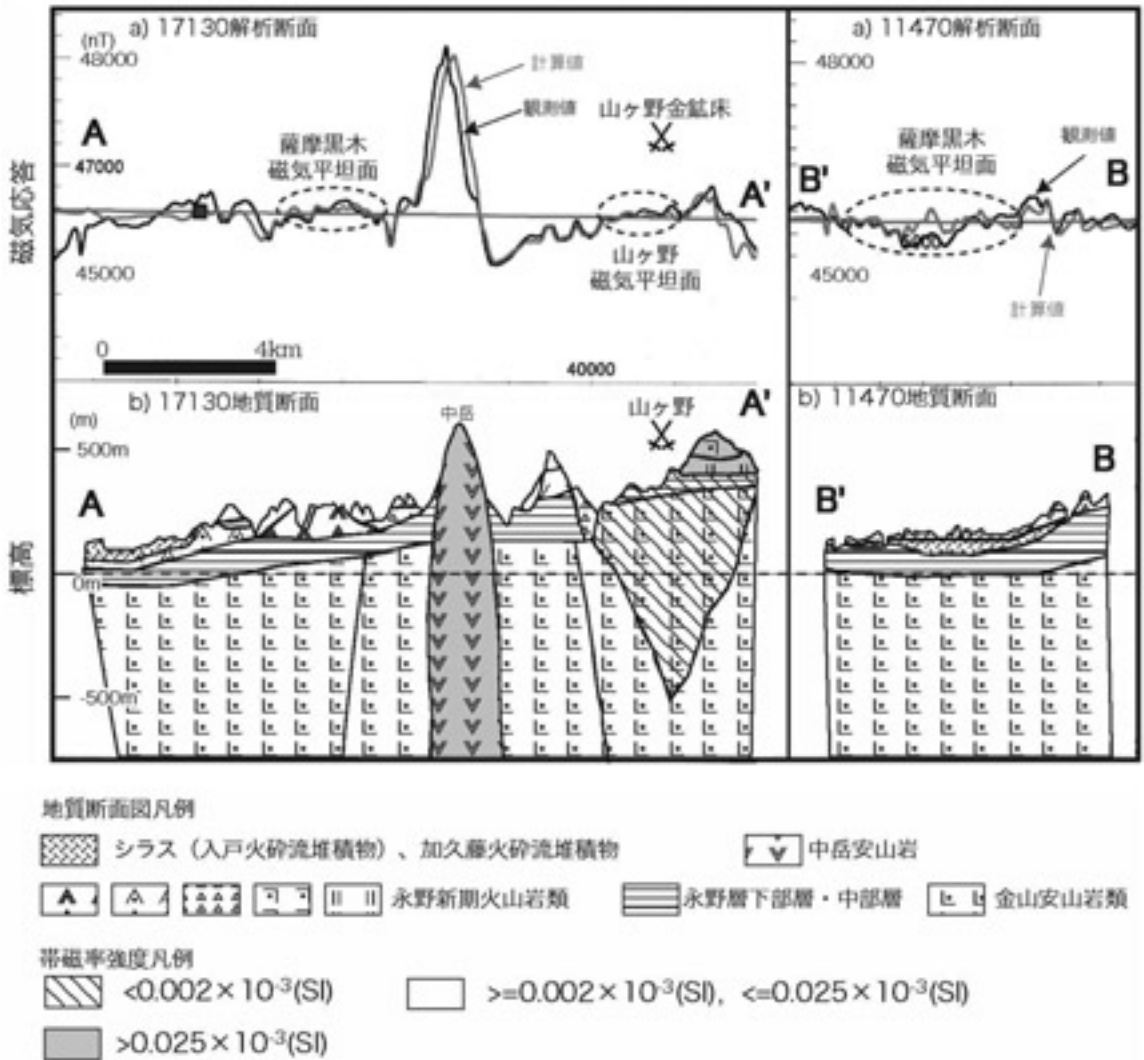
第1図 宮之城地区薩摩黒木周辺の全磁力図。破線の楕円が磁気平坦面に相当。図中央部と山ヶ野鉱床周辺の2カ所、コンターが粗であり、磁気変化に乏しい領域であることがわかる。図中のA-A'、B-B'は、それぞれ第2図の磁気モデリングによる解析区間を示す。図中のH及びLは、高磁気異常と低磁気異常に相当し、野外では新鮮な安山岩溶岩が分布していることが多い。

気平坦面と呼ばれる磁気変化の乏しい領域に位置することが判明した。放射能のデータからは、変質鉱物に起因すると思われるカリウム(K)異常が山ヶ野鉱床の周辺等で認められた(Feebrey *et al.*, 1998)。

シラス(や火砕流堆積物)の下位の熱水変質を示唆する磁気平坦面も複数の箇所では抽出されたが、これを検証するため詳細な解析を山ヶ野鉱床南西約5kmに位置する宮之城地区薩摩黒木のデータについて実施した。ここでは約2km²の大きさの磁気平坦面が広がっているが(第1図)、地表は入戸火砕流堆積物に被覆されているため、火砕流下位の變質・鉱化状況については不明である。この磁気平坦面の評価の方法として、磁気平坦面を含む周辺の層序を組み立て、岩石の古地磁気測定を実施

し、空中磁気探査で得られた磁気応答について古地磁気測定結果をもとに磁気データのモデリングを行い、得られた地下深部の磁気構造モデルから鉱化・変質状況を推定した。

解析には重・磁力データのモデリング・インバージョン解析ソフトである Model Vision Pro ver.3.1. (豪州Encom Technology社製)を用い、海拔-1,000mまでの解析を実施した。空中磁気探査の飛行測線のうち、本地区を通る2測線(N30°W方向及びそれに直交するN60°E)を選択し、そのそれぞれの測線に沿って地質断面図を作成した。浅所の地質断面は地質調査の結果に基づき作成し、そのそれぞれの地質ユニットに古地磁気測定によって得られた帯磁率、磁化方位、Q値(残留磁気と誘導磁気の比)を磁気パラメーターとして与



第2図 磁気データ解析断面図。

- a) 上図 空中磁気で取得された全磁力波形（黒：観測値）とモデリングによって計算された全磁力波形（灰：計算値）。
- b) 下図 a)の解析測線に沿った地質断面図。凡例が同じでも黒実線で囲まれた岩体は、それぞれ磁気パラメーター（磁化方位，帯磁率，Q値）が異なり，モデリングの際，区別したブロックを示す。
- a), b)とも水平軸は距離を示し，スケール，相対的な位置は，ともに同じである。A-A'断面中央部に位置する急峻な山体を形成する中岳安山岩は，a)図の鋭い強磁気異常に対応される。

えた。深部の地質断面については，仮想的な岩体を置いて，実際の磁気応答に合うように岩体の形状や帯磁率，磁化方位，Q値を変化させた。

山ヶ野鉱床周辺には，熱水変質に起因した磁気平坦面が広がっている（第1，2図）。変質した岩石の古地磁気測定結果（Ueno *et al.*, 1999）によると，もともと逆帯磁していた岩石が，変質に伴い山ヶ

野鉱床の鉱化時期の磁化方位（正帯磁方向）に再帯磁しているという。また，熱水変質に伴い広範囲で磁性鉱物が減少し，火山岩，堆積岩いずれも同じような帯磁率 $\chi = 0.002 \times 10^{-3}$ (SI) 以下の低い値を示す（通常，未変質な火山岩は， $\chi = 0.01 \sim 0.02 \times 10^{-3}$ (SI) 程度を示し，堆積岩類は火山岩半分以下の帯磁率を持つ）。これらのことから，熱水

変質したエリアは、岩相にかかわらず磁氣的に均質な岩体になっていると考えられる。

一方、薩摩黒木の磁気平坦面では、地下深部の岩体に熱水変質した低磁化強度、低帯磁率の磁性岩体でなく、調査地域周辺の未変質の安山岩に近い磁気パラメーター（高磁化強度、高帯磁率）を与えると、実測データとモデリング結果が良い一致を示した（第2図）。このことは、薩摩黒木の磁気平坦面は、熱水変質に起因したものではないことを示している。また、シラスの下位の地質構造は、磁性が異なる小規模な地質岩体が複雑に分布しているのではなく、地質構造が単純で、それぞれの地質岩体が水平方向に連続しているため、見かけ上、磁氣的に均質になっている。ここではおそらく、この磁氣的に均質であることが、磁気平坦面として表れていると考えられる。

2.5 地震探査（反射法）

唯一の地震探査（反射法）は、昭和62年度（1987年度）に西浦地区で実施された。本地域では基盤岩の深度を把握することが重要であるとの認識から、四万十累層群と上位の北薩火山岩類との境界を地震反射面として捕らえることを目的として行った。高重力異常域に道路沿いに5測線（計12.12km）を設定し、震源には油圧インパクトを用いた。受振点間隔10m、発振点間隔20m、チャネル数96、サンプリングレート1msecの仕様でデータを取得し、標準重合数24重合、反射点（CDP）間隔5mの反射記録断面を作成した。

得られた深度断面図では、全測線にわたって地表から深度300～400m程度までの間に、振幅の大きい強い反射面が見られ、その上部は西浦安山岩（北薩中期火山岩類）の頂部を反映すると解釈された。これをA面と名付けA面深度図を作成すると、ほぼ重力異常図と合致するドーム構造が現れた。一方、北薩火山岩類と四万十累層群との境界が想定された深度（地表下500～1,000m）には顕著な反射面は見られず、地震探査から四万十累層群の潜頭深度を推定することはできなかった。その後の構造ボーリング（垂直1,000m）では四万十累層群が捕捉されなかったことから、この仕様での地震探査では四万十累層群は捕捉できなかったと結論される。

3. まとめ

北薩地域における広域調査の実施により、浅熱水性金鉱床探査における物理探査適用の方法論はあるレベルで確立されたと言える。複数の手法が複数の地区に適用され、多くのケースがボーリングで検証された。菱刈鉱床の発見も、その一環である。一方、完全潜頭性の鉱床（鉱化作用の後の火山噴出物に覆われた場所等）の探査には更なる技術的進歩が求められる。空中磁気探査データの解析はその打開策の一つである。物性についての知見も、密度や比抵抗に関してはかなり得られたが、充電率や磁性についての研究が今後望まれる。

広域調査が実施された時期は、世界的に見ても環太平洋地域で浅熱水性金鉱床の探査が活発であった時期と重なり、海外でのケーススタディーも調査計画策定の上で参考となった。広域調査は平成15年度（2003年度）で終了したが、北薩地域で積まれたケーススタディーは、今後も海外の同様の地質環境での鉱床探査にとって貴重なものと思われる。

文 献

- Allis, R. G. (1990) : Geophysical anomalies over epithermal systems, *J. Geochem. Explor.*, 36, 339-374.
- Feebrey, C., Hishida, H., Yoshioka, K. and Nakayama, K. (1998) : Geophysical expression of low sulfidation epithermal Au-Ag deposits and exploration implications- example from the Hokusatsu region of SW Kyushu, Japan. *Resource Geology*, 48, 75-86.
- Irvine, R. J. and Smith, M. J. (1990) : Geophysical exploration for epithermal gold deposits. *J. Geochem. Explor.*, 36, 375-412.
- Johnson, I. M. and Fujita, M. (1985) : Mineral Exploration -The Hishikari gold deposit: an airborne EM discovery, *CIM Bulletin*, vol. 78, no.876. 61-66.
- 経済産業省資源エネルギー庁（2001～2004）：平成12年度～平成15年度 広域地質構造調査報告書 北薩・串木野地域。
- Morishita, Y. and Kodama, K. (1986) : Simulation analysis of the gold-quartz vein systems in the Kushikino mine area, Southern Kyushu, Japan. *Mining Geology*, 36, 475-485.
- 中山 健（2004）：北薩・串木野地域調査概要，地質ニュース，no.599, 11-19.
- 岡田和也（2004）：菱刈鉱山の開発および現況，地質ニュース，no.601, 16-27
- Sasaki, Y. (1982) : Automatic interpretation of induced polarization data over two-dimensional structures, *Memoirs Fac. Eng., Kyushu Univ.*, 42, 59-74.
- 通商産業省資源エネルギー庁（1978～2000）：昭和53年度～平成11年度 広域地質構造調査報告書 北薩・串木野地域。

- 辻本崇史 (1989) : 浅熱水性鉱脈型金鉱床の鉱化作用による比抵抗異常について, 地質ニュース, no.413, 8-15.
- Uchida, T. and Ogawa, Y. (1993) : Development of FORTRAN code for two-dimensional magnetotelluric inversion with smoothness constraint, Geological Survey of Japan Open Report, no. 205.
- Ueno, H., Takeda, T., Otsuka, H. and Shimada, N. (1999) : Paleomagnetic evidence for the timing of gold mineralization in

Kagoshima, Japan. In Mineral deposits: Processes to Processing, 1241-1244.

HISHIDA Hajime and TAKEDA Tetsuichi (2004) : Interpretation on the results of geophysical surveys for gold exploration in the Hokusatsu Region, Southern Kyushu, Japan.

<受付: 2004年7月12日>

北薩・串木野地域の広域調査データベース

両角 春寿

(石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

金属鉱業事業団は経済産業省の委託を受け、国内探鉱で取得された情報のデータベース構築を平成13～15年度に実施した。北薩・串木野地域はその重点地域の一つであり、ESRI社 (Environmental Systems Research Institute, Inc.) のソフトウェアArcView3.2によりGIS (Geographic Information System) データベースを構築した (経済産業省, 2003; 2004)。GISでは、縮尺を任意に変更したり、各データの属性 (化学分析値等) に基づいて、コンターを描いたり、マークのサイズや色を編集することが出来る。また、地理座標に基づく空間解析が可能である。例えば、鉱床・鉱徴地の半径1km以内で採取された岩石試料のみを抽出する、ということが容易に出来る。

これらの成果物はCD-ROMを媒体として取りまとめている。データは他社のGISソフトウェアとも互換性がある。これは単なる記録保存にとどまらず、今後の研究等のためのデータ提供として利便性を図るものである。

口絵に、串木野鉱床地区と菱刈鉱床地区の変質と岩石の金含有量の比較図を示す。変質分帯方法の詳細については経済産業省 (2004) を参照

されたい。ただし、変質帯の区分と名称に若干の変更を加えている。

串木野鉱床では鉱脈が露頭を有することに対応して、鉱化変質である中性変質 (緑泥石, イライト変質) が地表に分布している。岩石の金含有量も1,000ppbに達している。

一方、菱刈鉱床では主要な鉱脈が潜頭性であることに对应して、地表には鉱化変質の周縁相であるスメクタイト変質が比較的広く分布している。岩石の金含有量は鉱脈分布域の地表で1ppbしかなく、そこをやや外れて4ppb程度 (凡例では1-10ppb) が見られるだけである。

この菱刈鉱床地表部における状況から、潜頭性の金鉱床を探査する場合に金の地化学異常は明確な指標とはなりえず、むしろ、変質分帯のパターンを類型化し、それをもって評価することが重要なのではないかと考えられる。

文 献

- 経済産業省資源エネルギー庁 (2003) : 平成14年度広域地質構造調査報告書, 国内調査総合評価, 137p.
- 経済産業省資源エネルギー庁 (2004) : 平成15年度広域地質構造調査報告書, 国内調査総合評価, 246p.