

北薩・串木野地域広域・精密調査の概要

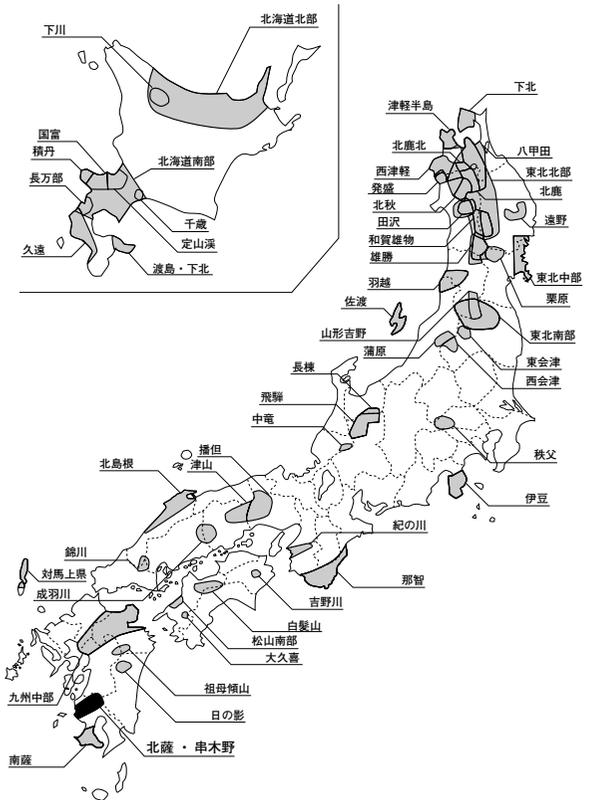
中山 健¹⁾

1. はじめに

昭和38年度に開始された国内鉱物資源調査のうち広域地質構造調査(以下「広域調査」と称する)は, これまでに全国54地域で実施され(第1図参照), 平成15年度をもって終了した。広域調査の次の段階で実施される精密地質構造調査(以下「精密調査」と称する)は平成18年度まで制度は残される。54地域のうちの1つである鹿児島県下で実施した北薩・串木野地域広域調査は, 金鉱床を対象とし, 昭和53年度から開始され平成14年度で終了した。なお, 精密調査は現在実施中である。この間, 昭和55・56年度には金量260トン, 金品位60g/tを誇る世界的規模かつ高品位の菱刈鉱床発見の端緒となる高品位含金石英脈を捕捉する成果をあげた。その後数カ所で, ある程度の規模と品位の金鉱化帯が発見されたが国内鉱業を取り巻く厳しい環境から, 残念ながら新規鉱山の開発には至らずに終わった。また, 菱刈鉱床周辺のみならず多数の鉱徴地, 変質帯等の調査を通じて, 金鉱床成因論から探査手法に関する多数のデータを蓄積することが出来た。本編では, 北薩・串木野地域調査開始の背景および25年間に亘る調査の展開について紹介する。

2. 国内三段階方式と北薩・串木野地域の選定

貿易自由化に対する国内鉱業の体質改善と同時に国内産業への鉱物資源の安定供給確保という産業・社会ニーズから, 既知鉱床周辺のみならず未探鉱地域においても複雑な地質構造を解明し, 優秀な潜頭性鉱床の効率的発見を目指すことを目



第1図 国内調査対象地域。

的として, 昭和38年度から国の支援による国内鉱物資源調査が開始された。この制度は三段階方式と称される。その名のとおりに第一段階として, 広範囲の基礎的調査を実施する「広域調査」, 第二段階では更にターゲットを絞り, より詳細な調査を実施する「精密調査」, その結果鉱床が存在する可能性が高くなり, 企業が独自に探査を実施する第三段

1) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

キーワード: 北薩・串木野地域, 広域調査, 精密調査, 菱刈鉱床, 浅熱水性金鉱床

階の「企業探鉱」というように順次精度を高めた調査を実施するというシステマティックな制度である。調査対象地域は、開発可能な非鉄金属鉱床賦存の可能性の高い地域であることは言うまでもない。調査対象地域(国内探鉱長期計画地域)は鉱業審議会探鉱分科会において選定された地域で、選定(見直しを含む)は過去5回おこなわれた。第Ⅰ期計画は、昭和41年度に策定され、黒鉱鉱床、キースラーガー鉱床、接触交代鉱床および鉱脈鉱床(昭和46年度に追加)を対象として28地域が選定された。しかし、当初金鉱床そのものは国内探鉱長期計画のなかには入っていなかった。

金鉱床については、戦時中の金山整備令で一時活動基盤を喪失した金山の経営安定化と金鉱業振興のため、新鉱床発見を目的として、上記国内三段階方式とは別に「金鉱山の基礎的地質鉱床調査」と企業探鉱に対する補助金制度が設けられ、昭和43年度から10年間に亘って全国15地域において実施された。この調査は、鹿児島県下では、「大口・布計」、「荒川・串木野」(いずれも昭和50年度から52年度)および「南薩」(昭和43年度から49年度)において実施された。第Ⅱ期計画は第Ⅰ期計画と同様、黒鉱鉱床、キースラーガー鉱床、接触交代鉱床、鉱脈型鉱床を対象として、当初20地域が選定され、昭和48年度から調査が開始された。その後、昭和52年度に見直しが行なわれ、「金鉱山の基礎的地質鉱床調査」は広域調査に併合され、新たに金鉱床を対象とした5地域が広域調査対象地域に追加された。「北薩・串木野地域」は、「金鉱山の基礎的地質鉱床調査」対象地域「大口・布計」および「荒川・串木野」の2地域が合体して広域調査対象地域となったもので、昭和53年度から調査が開始された。このように鹿児島県下での金鉱床を対象とした調査が開始された背景には、同県には長い金山開発の歴史があり、地質鉱床学的に金鉱床の存在するポテンシャルが高いという判断とともに、鹿児島県庁を中心とした地下資源開発促進協会による調査が実施されていたことがあげられよう。

3. 広域調査

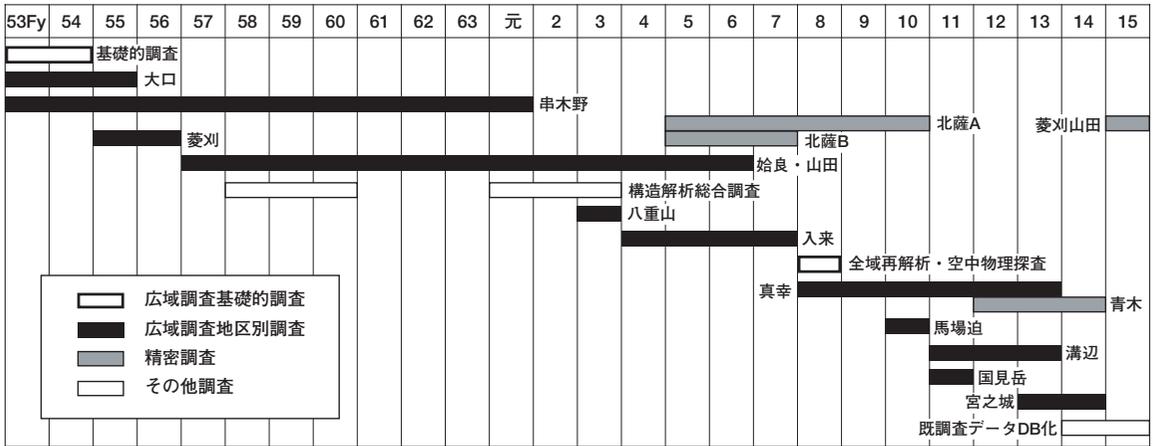
北薩・串木野地域において25年間に亘って実施

第1表 北薩・串木野地域調査量一覧。

| 広域調査 | | | |
|-------------------------------|---------------|--|---|
| 地区名 | 期 間 | 調査手法 | 調査量 |
| 全域 | 昭和53年度～昭和54年度 | 地質調査 | 915km ² |
| | | 重力探査 | 530km ² |
| | 平成8年度 | 空中磁気・放射能探査 | 1,255km ² |
| | | 既存データコンパイル | 2,600km ² |
| 大口 | 昭和53年度～昭和55年度 | 電気探査(シュランベルジャー法) ボーリング | 29.3km 5孔、2,200m |
| 串木野 (羽島、 冠岳地区 を含む) | 昭和53年度～平成元年度 | 地化学探査 電気探査(シュランベルジャー法) 電磁探査(CSAMT法) 重力探査 ボーリング | 400個 62km 66km ² 60km ² 19孔、11,780m |
| 菱刈 | 昭和55年度～昭和56年度 | ボーリング | 3孔、1,400m |
| 始良山田 (木津志、 杜野地区 を含む) | 昭和57年度～平成6年度 | 地化学探査 | 1,744個 |
| | | 電気探査(シュランベルジャー法) | 82.5km |
| | | 電磁探査(CSAMT法) | 74km ² |
| | | 重力探査 | 55km ² |
| | | 地震探査 | 12km |
| | | 電磁探査(TEM法) | 4km ² |
| | ボーリング | 25孔、14,579m | |
| 入来 | 平成4年度～平成7年度 | 地化学探査 | 357個 |
| | | 電気探査(シュランベルジャー法) | 23.4km |
| | | 電磁探査(CSAMT法) | 11km ² |
| | | 電気探査(IP法) | 13.8km |
| | | 電磁探査(MT法) | 2.8km ² |
| | | ボーリング | 8孔、4,883m |
| 八重山 | 平成3年度 | 地化学探査 重力探査 電磁探査(CSAMT法) | 303個 45km ² 45km ² |
| 真幸 | 平成8年度～平成13年度 | 地質調査 | 5.5km ² |
| | | 地化学探査 | 55個 |
| | | 電気探査(シュランベルジャー法) | 21km |
| | | ボーリング | 11孔、4,946m |
| 馬場迫 | 平成10年度 | 地質調査 電磁探査(TEM法) ボーリング | 50km ² 10.7km ² 1孔、800m |
| 国見岳 | 平成11年度 | 地質調査 | 20km ² |
| 満辺 | 平成11年度～平成13年度 | 地質調査 | 20km ² |
| | | 電気探査(シュランベルジャー法) ボーリング | 9km 2孔、1,300m |
| 宮之城 | 平成13年度～平成14年度 | 地質調査 | 54.5km ² |
| | | 電気探査(IP法) ボーリング | 6km 2孔、700m |
| 精密調査 | | | |
| 地区名 | 期 間 | 調査手法 | 調査量 |
| 北薩A | 平成5年度～平成10年度 | ボーリング | 9孔、8,224.5m |
| | | 電気探査(シュランベルジャー法) | 34km |
| 北薩B | 平成5年度～平成7年度 | ボーリング | 4孔、2,950.5m |
| 青木 | 平成12年度～平成14年度 | ボーリング | 6孔、5,670m |
| 北薩山田 | 平成15年度～ | ボーリング | 3孔、1,900m |

された広域調査は、初期段階の昭和53・54年度の全域に亘る「基礎的調査」および基礎的調査の結果選定された有望地区での調査「地区別調査」に区分される(基礎的調査および地区別調査という呼称は、調査経緯説明のため今回便宜的に使用した)。既に「大口・布計」および「荒川・串木野」地区は「金鉱山の基礎的地質鉱床調査」により先行して調査が実施されていたため広域調査の開始と同時に地区別調査が開始された。また途中の平成

第2表 北薩・串木野地域調査の推移.

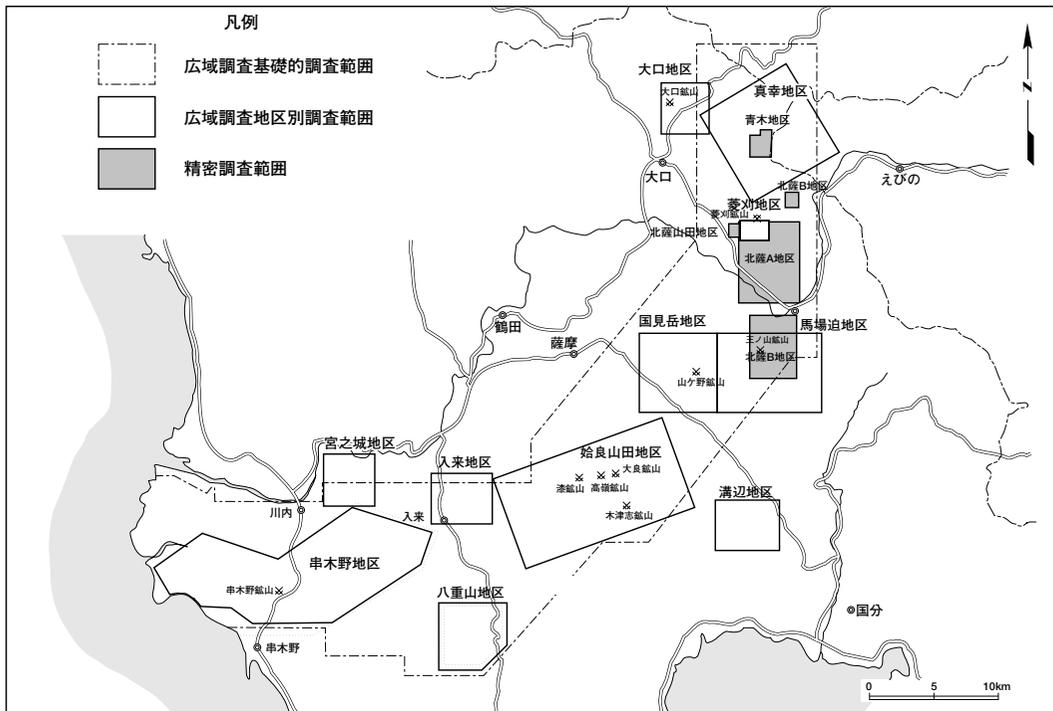


8年度には地域全域の再評価を行った。第1表に調査量を、第2表に調査の推移を、第2図に調査範囲を示す。以下便宜的に(1)昭和53・54年度の基礎的調査、(2)昭和55・56年度の菱刈鉱床発見、(3)昭和53年度から平成7年度の地区別調査Ⅰ、(4)平成8年度地域再評価、(5)平成8年度から14年度の地区別調査Ⅱに区分してそれぞれのトピックスを紹介する。調査結果の詳細は実施年度毎に

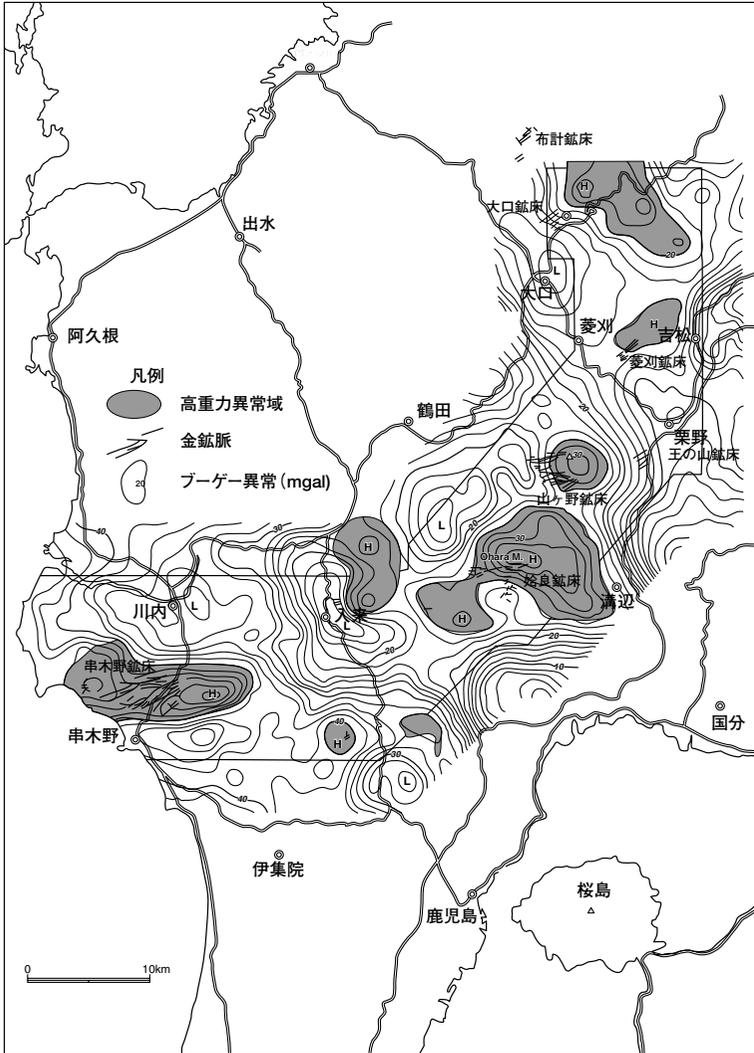
報告書として公表されているので参照されたい。

(1) 基礎的調査(昭和53・54年度)

この間は全域の基礎的調査として、昭和50年度から52年度に実施した金鉱山の基礎的地質鉱床調査「大口・布計」および「荒川・串木野」の調査結果コンパイルとそれ以外の範囲の地質調査と重力探査を実施した。この結果、既知金鉱床は重力



第2図 北薩・串木野地域と調査範囲.



第3図
重力異常と鉱床分布(資源エネルギー庁(1995)に加筆).

の高異常域に発達している傾向があること、また重力異常域は、プロピライト変質を受けた北薩古期安山岩類の分布域に一致するという規則性があることが判明した(第3図)。この基礎的調査がこれに引き続く地区別調査対象地区の選定に大きな役割を果たした。

引き続き地区別調査のステージに入ることになるが、それまでの広域調査で慣習的に実施してきたような地質調査や電気探査ののち異常が見られる地点に対してボーリングを実施するという画一的な調査とは異なるアプローチをとった。すなわち、まず当地域に期待される鉱脈型金銀床の地化学的特徴と成因を十分把握したうえで以降の調査を展開するための帰納的方法論として、当時調査地域

内で稼行中であつた串木野鉱床およびその周辺を対象として「総合地化学探査」(昭和54・55年度)なるものを実施した。まずしっかりとした北薩・串木野地域に特徴的な鉱脈型金銀床探査の作業仮説の構築を図り、金銀床が存在するための諸条件の設定を試みた。それに基づき演繹的に諸現象を評価して最適な調査手法を選定して調査を進めることになった。作業仮説構築に至る経緯は本誌特集号(9月号)に佐藤英太郎さんにより紹介されているので詳細は省略するが、金の沈殿はセリサイト・スメクタイト混合層鉱物帯付近で流体包有物均質化温度は225℃前後であり、鉱床上部にはカオリン・スメクタイト帯が広がるというものである。この総合地化学探査のアイデアは、当時地質調査所

(現：産総研)から広域調査課長として出向してきていた佐藤壮郎さんによるものであった。現地調査は、三井金属資源開発株式会社(当時三井金属エンジニアリング株式会社)の地質技師 佐藤英太郎さんら探査専門家により進められ、流体包有物充填温度測定等の室内試験は九州大学工学部の井澤英二さんによって行われ、最終的には、鉱山会社探査専門家、大学・国研研究者、地方自治体職員よりなる検討会の場で検討が加えられた(第4図)。余談になるが他地域でも実施されたこの検討会方式は、調査結果および調査計画に対する外部専門家による評価と調査計画のお墨付きという役割もさることながら、研究者、鉱山会社の探査専門家および事業団職員の技術・情報交流の場となり、研究・探査の新たなアイデア誕生の場ともなった。ちなみに本地域ではこれまでに54人の方に検討員をお願いした。

(2) 菱刈鉱床発見(昭和55・56年度)

「金鉱山の基礎的地質鉱床調査」を継承した大口地区および串木野地区以外での本格的な地区別調査は、菱刈地区が最初である。菱刈地区の選定は、基礎的調査の結果、重力の高異常域であるという既述の条件に合致すること、地区内に旧坑があり、かつて金を採掘した記録があることおよび金属鉱業事業団の探査技術開発の一環で実施した空中電磁法探査により、高重力異常域に重複するように顕著な低比抵抗帯が捕捉されたことなどがあげられる。串木野地区で実施された総合地化学探査により構築された鉱床生成モデルから判断すると、低比抵抗帯は、鉱床上部の粘土化変質帯に相当するものと判断し、粘土化変質帯周辺からその下位にかけてボナンザの存在が推定された。昭和55年度末に実施したボーリング55MAHK-5孔により、着脈幅15cm、金品位290g/tの含金石英脈を捕捉し(本誌特集号、9月号口絵参照)、菱刈鉱床発見の端緒となった。菱刈鉱床発見に至る詳細な経緯は、本誌 佐藤壮郎さんおよび浦島幸世さんにより詳述されている。そのほか西沢・茨城(1985)、金属鉱業事業団・住友金属鉱山株式会社(1987)等にも記録されている。菱刈鉱床発見以降、開発の進展にともなって多くの地質現象が判明するとともに、鉱床成因論から探査の指標となるような研究



第4図 現地検討会コア観察風景(右から2人目九州大学名誉教授井澤さん)。

成果が多数発表されている。

菱刈鉱床が発見された当時、金価格の上昇によって世界的な金鉱床探査の流れが起きていた。ソ連がアフガニスタンに侵入した直後の昭和55年1月21日には、1トロイオンス(約31.1035g)あたり850ドルを記録し、金鉱山ルネサンスとも称された時期でもあった。菱刈鉱床発見と相前後してRound Mountain(米国：1972年発見)、El Indio(チリ：1979年発見)、Porgera(PNG：1979年発見)、Lihir(PNG：1983年発見)、Sleeper(米国：1982-1984年発見)等の大規模金鉱床が相次いで発見された。また同じ頃、エネルギー危機から地熱資源開発が進み、地熱系と金鉱床生成を形成した浅熱水系との対応が注目され、金鉱床の研究・探査に貢献した。

菱刈鉱床でも開発が進むにつれて、浅熱水系の全体像が見え始め、変質鉱物組み合わせに基づく温度構造の推定(茨城・鈴木, 1990; Izawa *et al.*, 1990)、酸素同位体比による温度構造の推定(Naito *et al.*, 1993)、浅熱水系のなかの元素分布状況等(茨城ほか, 1991)が明らかとなり、多くの事象が探査の要素として活用できることが次第に明らかとなってきた。こうした新しい知見に基づく探査手法は北薩・串木野地域に限らず国内外の浅熱水性金鉱床探査にも適用されるようになった。

(3) 地区別調査 I

①大口地区(昭和53年度～昭和55年度)

「金鉱山の基礎的地質鉱床調査」の結果、大口鉱床の鉱床母岩は北薩古期安山岩類で深部でプ

ロピラト化変質を受けていることが判明しており、既知鉍脈の延長部においてシュランベルジャー法電気探査により抽出された低比抵抗帯に対してボーリングを実施した。予想どおり変質帯は捕捉したものの、含金石英脈の捕捉には至らなかった。総合地化学探査結果との比較は本誌 佐藤壮郎さんが言及している。

②串木野地区(昭和53年度～平成元年度)

当地区では、既述したように昭和55年度まで本地域のモデル地区として調査が行われた。その後串木野鉍床の南東約4kmに発達する冠岳変質帯の調査に重点が置かれ、昭和56年度から59年度にかけて地化学探査、電気探査、ボーリングが実施された。冠岳には250℃以上の高温を示す大規模珪化岩体・粘土化帯が発達しており串木野鉍床とは一連の熱水系であったと解釈された。冠岳で実施したボーリングでAu:7g/tの含金石英脈を捕捉したこともあり、当時冠岳下部にポーフィリー型金鉍床が、一方周辺の低温部に串木野タイプの浅熱水性金鉍床が存在する可能性があるとの作業仮説で調査が進められたがボナンザ逢着には至らなかった。昭和60年度から平成元年度までは冠岳とは反対側の串木野鉍床西部の羽島でボーリングを主体とした調査を実施した。

③構造解析総合調査(平成元年度～平成3年度)

この制度は、佐藤壮郎さんのアイデアで昭和55年度から開始されたもので、全国各地で同じ鉍床タイプを対象として調査を実施しているが、横断的総合的に調査結果を眺めて、鉍床モデルの構築と探査手法を確立していこうというものである。北薩・串木野地域では、昭和58年度～昭和60年度および平成元年度～平成3年度の二度に亘って実施された。前者では、鉍脈型鉍床である串木野、明延・大身谷および豊羽の3地区を比較対照しながら、総合地化学探査を実施した。特に、串木野地区は中心的な役割を果たし、鉍脈鉍床に伴う変質帯モデルの理解が深まった。変質帯調査の成果は、井澤(1986)に、鉍脈系解析は、Morishita and Kodama(1986)にまとめられた。一方、後者では菱刈鉍床そのものを対象とした成因論的研究と探査への適用の研究が行われた。その成果はMining Geology 特別号14号(英文)に取りまとめられ、広く海外にも発信された。

④始良・山田地区(昭和57年度～平成6年度)

菱刈地区に引き続いて実施されたのが始良山田地区である。当地区では、山田、高嶺、大良、漆、木津志、松野等の金鉍床が知られており、東西方向の軸を有する大良背斜構造、背斜構造に調和する東西に伸びる高重力異常および東西に伸びる漆-大良変質帯に特徴付けられる。本地区では、土壌・岩石地化学探査、変質帯調査と同時に比抵抗把握のための電気探査によりターゲットを絞りボーリングを実施する方法をとった。土壌・岩石地化学探査(昭和57・58年度および61年度)は北薩・串木野地域ではじめて本格的に実施された。Au・As・Hg・Sbは相互に相関関係を有しつつ、異常域を形成しており、浅熱水システムの特徴をよく表していることが明らかとなった。北薩・串木野地域での電気・電磁探査には主に2つの目的があり、粘土化変質帯の抽出と基盤の四万十帯の上面構造把握である。比抵抗構造を把握する物理探査は、シュランベルジャー法、CSAMT法、TEM法があるがそれぞれ目的、費用対効果を考慮して適用される。本地区では広範囲かつ地表下200m以深をターゲットとすることおよび起伏地における作業効率を考慮してシュランベルジャー法が主に用いられた。地化学探査と電気探査により金鉍床生成深度を予測しボーリングにより確認する方法をとった。

⑤八重山地区(平成3年度)

当地区は含金石英脈鉍床である八重山鉍床が高重力異常域にあることから選定された。しかしながら地化学探査、電磁探査(CSAMT法)および重力探査の結果顕著な異常は捕捉されずボーリングの実施には至らなかった。

⑥入来地区(平成4年度～平成7年度)

熱水系の三次元的な広がりの中なかでどの付近で金が沈殿したかのがたまかに推定することが可能となってきた。本地区には入来カオリン鉍床が採掘されており、カオリン鉍床を熱水系の上部で形成された蒸気加熱型変質と捉え、その深部にボナンザを期待した。ボナンザそのものを捕捉することはできなかったが、着鉍幅:4.0m, Au:5.87g/tをはじめとする含金石英脈を捕捉した。

(4)地域再評価(平成8年度)

過去18年間の調査結果の総括を行うとともに、

当時海外の探鉱で積極的に利用され始めた高分解能空中磁気・放射能探査手法を我が国で最初に導入し(第5図)、地域一帯の磁気・放射能的特性解明を行った。その結果、ほとんどの既知鉱床・鉱徴は磁気平坦面(磁性鉱物の熱水変質による消磁)やカリ高異常(プロピライト化によるカリの付加)域に一致していることが判明し、高分解能空中磁気・放射能探査の威力を見せ付けられた。この結果はこれまで指標となった高重力異常、粘土化変質に加え新たな地区選定の参考となった。高分解能空中磁気・放射能探査成果の詳細はFebrey et al. (1998)により紹介されている。また同時に企業探鉱結果およびそれまでの広域調査結果も合わせて再解析を行った。

(5) 地区別調査Ⅱ(平成8年度～平成14年度)

再解析結果に基づき、引き続き地区別調査を継続してきたが、依然として高重力異常と低比抵抗異常が調査の重要な指針となった。

①真幸地区(平成8年度～平成13年度)

当地区も高重力異常域が存在すること、また地表には真幸変質帯とよばれる珪化帯・粘土化変質帯が広く発達することから調査地区として選定された。高分解能空中磁気・放射能探査によっても磁気平坦地やカリ高異常域が多数抽出されている。ボーリングにより高重力異常は四万十帯の盛り上がりであることを確認した。熱水変質帯の中心部はイライト/スメクタイト混合層帯(約150～250℃)にまで達しており、石英脈も捕捉し、沸騰現象を伴う熱水活動等菱刈鉱床と共通した多くの現象が存在し、金鉱床の存在が期待された。しかしながら全般にHg, As, Sb等の重金属にも乏しく天水に富んだ熱水循環による変質帯との結論に至った。

平成10年度以降調査範囲を真幸変質帯から更に西側に拡大して調査が行われた。河川沿いに変質帯が分布していることから、シュランベルジャー法により基盤の四万十帯の上面および変質帯を示唆する低比抵抗帯を捕捉したのちボーリングで深部構造を把握する方法をとった。

②馬場迫(平成10年度)

シラス分布域において抽出された高分解能空中磁気・放射能探査の磁気平坦地およびカリ高異常域である。これらの異常域に対しTEM法電磁気探



第5図 スティンガーマウント方式高分解能空中磁気・放射能探査(平成9年1月国内で初めて実施された)。

査を実施、変質帯に起因する低比抵抗帯を捕捉したが土地利用制約で異常域にボーリングが実施出来ず深部の解明には至らなかった。

③溝辺地区(平成11年度・12年度)

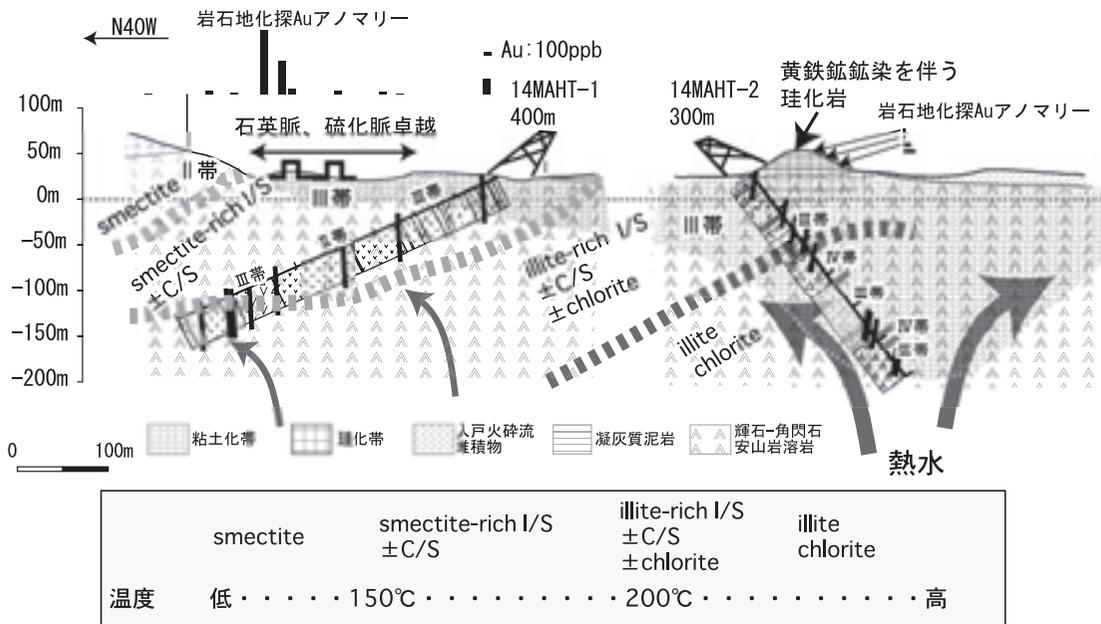
当地区は、始良・山田地区から延長する高重力異常域で、地表には一部イライト/スメクタイト混合層帯が露出している。高重力異常域の中に重力の低異常域があり、低異常域相当部に黄鉄鉱の鉱染する珪化シルト岩が存在する。これを菱刈鉱床上部に発達する湖沼性堆積物と類似のものと考え、深部にボナンザが期待してボーリングを実施した。その結果、着鉱幅:43m, Au:0.89g/tの含金珪化シルト岩を捕捉した。

④国見岳地区(平成11年度)

山ヶ野鉱床を含む範囲で、高重力異常、磁気平坦地およびカリ高異常の重複する地区である。調査の結果、変質鉱物分布、流体包有物均質化温度等から復元した熱水システムから山ヶ野鉱床周辺には金鉱床賦存の可能性は低いと判断し、物理探査・ボーリングに至らず1年間の調査を終了した。本地区の調査の詳細は村上浩康さんにより本誌特集号(9月号)に紹介されている。

⑤宮之城地区(平成13・14年度)

北薩・串木野地域で最後に調査を実施した地区である。串木野鉱床の北北東約10km付近で、串木野高重力異常の北側の重力変化に乏しいフラット域である。また一方空中磁気・放射能探査の磁気平坦地が発達すること、地表には、珪化帯、イライト/スメクタイト混合層および緑泥石/スメクタイト混合層帯が分布し、岩石地化学探査で顕著なAu、



資源エネルギー庁(2002)を一部修正

第6図 宮之城地区調査結果.

Ag, Hg, As, Sb 異常を確認した。また地表に発達する石英脈でAu: 1.6g/tを記録した。これらのことから、地表の変質鉱物組み合わせから推定される温度は200℃前後であり、金の他重金属を含んだ中性の熱水が循環しており、温度降下により金の溶解度の急激な低下により地下浅所に金の沈殿が生じているとの作業仮説を立てた。珪化帯の下部で捕捉した熱水活動の痕跡である黄鉄鉱に起因する高充電率異常および変質帯中に発達する含金石英脈の下部をターゲットとしてボーリングを実施した。第6図に示したような熱水の流れが推定できたが残念ながらポナンザを捕捉することは出来なかった。

4. 精密調査

精密調査は、既述のように国内三段階方式の第二段目に位置づけられる調査で北薩・串木野地域では北薩A(菱刈鉱床の南東部)、北薩B(吉松)、青木および北薩山田地区で実施した(第2図)。

北薩A地域は菱刈鉱床の南東部一帯にあたり、菱刈鉱床周辺部の地質構造の解明に貢献した。北薩B地域は、菱刈鉱床の北東約2.5km付近および

南部の王ノ山鉱山一帯である。後者で実施したボーリングで着鉱幅: 180cm, Au: 9.93g/t, Ag: 5.9g/t (高品位部は幅4cm, Au: 166.63g, Ag: 81.6g/t)の含金石英脈を捕捉した。青木地区は、真幸地区の西隣に位置する。残念ながら高品位鉱脈の捕捉には至らなかった。北薩山田地域は菱刈鉱床の西～北西部にあたり、平成15年度から調査を開始したところである。

5. 既調査データのデータベース化

北薩・串木野地域広域調査そのものは平成14年度で終了したが、平成13年度に開始された国内調査総合評価の一環として、平成14・15年度にこれまでに当地域で実施した調査データのデータベース化とポテンシャル解析を行った。その結果の一部は両角春寿さんにより本誌特集号(9月号)に紹介されている。

6. あとがき

北薩・串木野地域広域調査は、実に25年間に及ぶ調査となった。民間企業の探査からみれば、何

と悠長な調査かと思われるかもしれない。しかし民間企業では出来ない様々な地質学的・鉱床学的要因から調査を実施することも出来た。その間に国内外で新たな知見や探査方法が開発され、そのテストフィールドにもなった。現地調査および検討会での大学、国立研究所の研究者達との深夜までも及んだ討論は鉱山会社、コンサルタント会社、金属鉱業事業団の若手探査陣の技術涵養の場にもなったに違いない。

世界の主要鉱床の発見事例をみても菱刈鉱床のように一度の探査で発見された例はむしろ少なく、鉱業権者が何度も変わり探査モデルおよび探査手法を何度も検討し直し、探査開始から鉱床発見まで10年以上もかかった例も珍しくない(Sillitoe, 2000)。これだけの調査を実施したから、もうポテンシャルが無いとは誰も断定は出来ない。鉱床探査は際限がない。かといっていつまでも夢を求めて投資を続けることは出来ない。近い将来、新たなパラダイムシフトにより本地域が見直される時に、必ずやこれまで取得してきたデータの役立つ日が訪れるに違いない。調査を通して多数の調査データが取得され、調査報告書としてまとめられ公開されている。金属鉱業事業団では報告書以外に調査データのデジタル化をすすめており一部の例について、本誌特集号に両角春寿さんにより紹介されている。これら調査データが鉱床探査以外の土木地質学・防災地質学等の分野で国民の生活に役立てば幸いである。

既に述べたように専門家による検討会を設置し、調査計画策定から調査結果の検討に至るまで多くの議論とアドバイスを頂いた。また、鹿児島県庁を

はじめ関係市町村の方々には現地調査・工事の実施に当たり協力と便宜を頂いた。ここに記して関係者に感謝を申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 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.
- 茨城謙三・鈴木良一(1990) : 菱刈鉱山鉱床母岩の熱水変質について。 *鉱山地質*, 40, 97-106.
- 茨城謙三・鈴木良一・福田英一(1991) : 菱刈鉱床本山と山田鉱床の微量元素。 *鉱山地質*, 41, 63-75.
- 井澤英二(1986) : 浅熱水鉱床に伴われる粘土鉱物。 *鉱物学雑誌*, 17, 17-24.
- Izawa, E., Urashima, Y., Ibaraki, K., Suzuki, R., Yokoyama, T., Kawasaki, K., Koga, A. and Taguchi, S. (1990) : The Hishikari gold deposit: high-grade epithermal veins in Quarternary volcanics of southern Kyushu, Japan. *Journal of Geochemical Exploration*, 36, 1-56.
- 金属鉱業事業団・住友金属鉱山株式会社(1987) : 菱刈鉱床の発見と開発。 *鉱山地質*, 37, 227-236.
- Morishita, Y. and Kodama, K. (1986) : Simulation analysis of the fracture system in the Kushikino mine. *Mining Geology*, 36, 475-486.
- Naito, K., Matsuhisa, Y., Izawa, E. and Takaoka, H. (1993) : Oxygen isotope zonation of hydrothermal altered rocks in the Hishikari gold deposit, southern Kyushu, Japan. *Resource Geology Special Issue*, 14, 71-84.
- 西沢徳雄・茨城謙三(1985) : 菱刈鉱山の探査。 *日本の金銀鉱石第3集*, 1-17.
- 資源エネルギー庁(1995) : 平成6年度広域地質構造調査報告書「北薩・串木野地域」, 125.
- Sillitoe, R. (2000) : Exploration and Discovery of Base-and-Precious Metal Deposit. In the Circum-Pacific Region - Late 1990s Update. *Resource Geology Special Issue*, 21, p.65.

NAKAYAMA Ken (2004) : Outline of the regional and detail geological survey in the region of Hokusatsu-Kushikino.

< 受付 : 2004年5月31日 >