

特集

資源探査の現状と将来

金属鉱床の探査

Exploration for Metallic Mineral Resources

服部 旭*
Asahi Hattori

1 ま え が き

地下資源に乏しい我が国にとって、基礎原料である銅、鉛、亜鉛等の非鉄金属資源の確保は、経済の維持・発展のためには不可欠であり、輸入資源への依存度を低め安定的に国産資源を供給、確保することは、ますます重要な課題となってきた。しかしながら、既存の鉱山は開発の歴史が古く、既に枯渇に近いものが多いうえに、近年の機械化により出鉱量が増大し、残された鉱量と金属価格の変動を計算しつついかに山命を延ばすことができるかが切実な課題となってきた。鉱山の延命のためには周辺の探査活動は欠くことの出来ないものではあるが、地下資源探査の宿命として、調査対象地域の条件は年を経るほど厳しくなり、奥地化する一方、鉱山の深部開発の傾向により探鉱リスクの増大は避けられない。さらに、金属価格の低迷と採掘コストの上昇により、鉱山会社の経営はますます悪化し、縮小あるいは閉山が相つぐとともに、新鉱床探査、周辺探査への投資は削減または中断され、山命をさらに縮めるという悪循環を余儀なくされてきた。金属価格は変動の激しい国際相場に準拠しているため、極めて不安定であり、探査活動もまたその変動の渦中にある。黒鉱の探査ブームとも言える昭和30年代末から40年代にかけては、各鉱山会社の探鉱費は年間数億円となり、その後49年上期と55年に一時的な市況回復によりとりなおしたものの、世界的な景気後退等に伴い再び低落し、その探査活動は大巾に縮小され、会社の探査部門は関連子会社である資源開発コンサルタントへと吸収、移行されていかなるをえなかった。

金属価格の変動という社会的要因もさることながら、我が国の金属鉱床探査が、他の資源保有国に比較して特に困難な自然的要因として、

1. 鉱床の胚胎されている地質構造、地質環境がきわ

* 大手開発(株)物理探査部次長

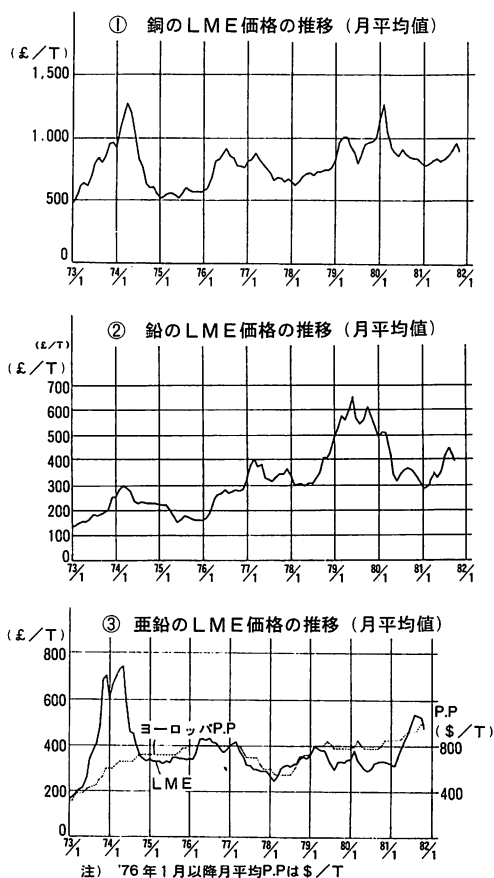


図-1 銅・鉛・亜鉛の国際価格動向

めて複雑であり

2. 従って、その中に胚胎する鉱床は比較的小規模であり
3. 露頭、鉱化作用を手がかりに開発されてきた比較的小規模の浅部の鉱床が開発しつつされ、深部化してきていること
4. 国土が狭いうえに高度文明が奥地まで浸透しているため、電氣的、機械的のノイズが多いこと
5. 地形急峻でアクセスが悪く、環境問題の制約が大

きいこと

などがあげられる。アメリカ、カナダやオーストラリアのような広大な国土と単調な構造の中で、比較的浅所にある大規模鉱床を探索することに比較すれば、来日した探査技師が日本の自然条件のきびしさに驚くのも無理はない。この様な悪条件下での探査に慣れている我が国の探査技術は、当然のことながらキメがこまかく、レベルも高い。従って、この探査技術は、莫大な鉱物資源を埋蔵している発展途上国に対する技術協力にも活用されており、国際的にも評価されつつある。しかしながら、新しい探査技術の研究や探査機器の開発については、米国、カナダなどで開発された技術を導入して探査手法の開発の手がかりを得るという現状にあり、コンピューターによる処理、解析をふくむ総合解析の手法の開発も含め、まだまだ探査技術の研究開発の課題は多く、欧米諸国とは、かなりの技術レベルの差があることを認めざるをえない。

2 金属鉱床探査の現状

既存の鉱山は、黒鉱鉱床をのぞくそのほとんどが地表に露出している鉱床から採掘されてきた。消費量の拡大と探鉱技術の進歩により、開発は逐次深部へ、周辺部へと拡大していき、次に開発されるべき鉱床はさらに困難になってきている。したがって、事業場所を自由に選択することが出来ず、自然条件に左右されるところが大きいため、原価の通増を免れ得ない。このように、探査活動を推進するべき鉱山各社は、変動の激しい金属価格に依存しており、経営基盤が脆弱であるがためにリスクの大きな探鉱活動にふみ切れず、鉱量を確保することが困難となっている。

国の財産である地下資源の開発促進を民間の探査活動にのみ依存することなく、我が国の探鉱政策の実施機関として設立されたものが通商産業省の下部機構である金属鉱業事業団である。同事業団の金属鉱物資源開発促進のため行っている国内、外での探査事業は今年で19年目を迎えたが、事業規模は拡大しつつあり、レベルの高い探査技術に支えられて企業探査へ進む有力な手がかりを与え、我が国探鉱政策の唯一の実施機関として大きな役割を果たしている。国内外の探査の成果は地味なものではあるが、地下資源探査の基礎データとして将来の開発に資するところが大きい。近年、その成果として注目を集めたものは北薩・串木野地域での超高品位金鉱発見のニュースであり、“金ブーム”を呼びおこしている。北薩の調査は広域調査と呼ばれ

ているものの1つであり、探鉱経費は100%国費によるものである。また、事業団と企業が探鉱費をもち合う精密調査、および海外地質構造調査があり、次に来るべき企業探査への橋渡しを行う。この精密調査では、北鹿北、温川地区と呼ばれる青森県南部で高品位の黒鉱鉱床を発見したのに続き、栗原地域でも構造坑道で有望な鉛・亜鉛鉱床を発見している。

2.1 広域地質構造調査

広域調査は、精密探査、企業探査の三段階方式の先兵的役割を果たすものであり、これの良し悪しが後段の探査段階、さらに開発へ導くための原動力に影響するところが大きい。しかし、昭和57年度の広域地質構造予算は、814,299千円であり、これは前年度より6%の減少となっている。対象地域は次の14地域で、作業別にみた実施概要は、次の通りである。(図-2参照)

・積丹地域(北海道)

56年度より新たに実施された地域であり、同年度には、地質調査180 km²、物理探査(重力探査395 km²、空中磁気探査4,400 km²)が実施された。昭和57年度は、地質調査200 km²、重力探査280 km²、ボーリング1孔(800 m)が実施される。

・千歳地域(北海道)

千歳、恵庭、光電鉱山で知られる新第三系の含金・銀・石英脈が特徴的である。55年度のボーリング2孔(延1251 m)により低品位ながら多数の含金・銀鉱化帯を捕捉。56年度はボーリング1孔(700 m)、57年度は地化学探査とボーリング1孔(700 m)が実施される。

・久遠地域(北海道)

過去の調査でモリブデンの鉱兆を捕捉。56年度は地質調査120 km²、ボーリング1孔(600 m)、57年度は2孔(700 m)が実施される。

・八甲田地域(青森・秋田・岩手)

黒鉱型、鉱脈型、接触交代型などの鉱山地帯。55年度来、地質調査、重力探査、IP電探など物理探査、地化学探査が実施され、57年度は、地質調査260 km²、IP電探18 kmと3本のボーリングが実施される予定。

・西津軽地域(青森、秋田)

尾太・太良鉱山など銅・亜鉛鉱脈がある。54年度より地質調査615 km²、地形図作成、重力探査、IP電気探査などにより黒鉱型鉱化変質帯を認められた。

・田沢地域(秋田)

空中磁気探査400 km²、重力探査725 km²、地質調査390 km²などにより鉱化変質帯を発見、秋田県独自の調査結果とも併せ、基礎調査資料は豊富。57年度は地

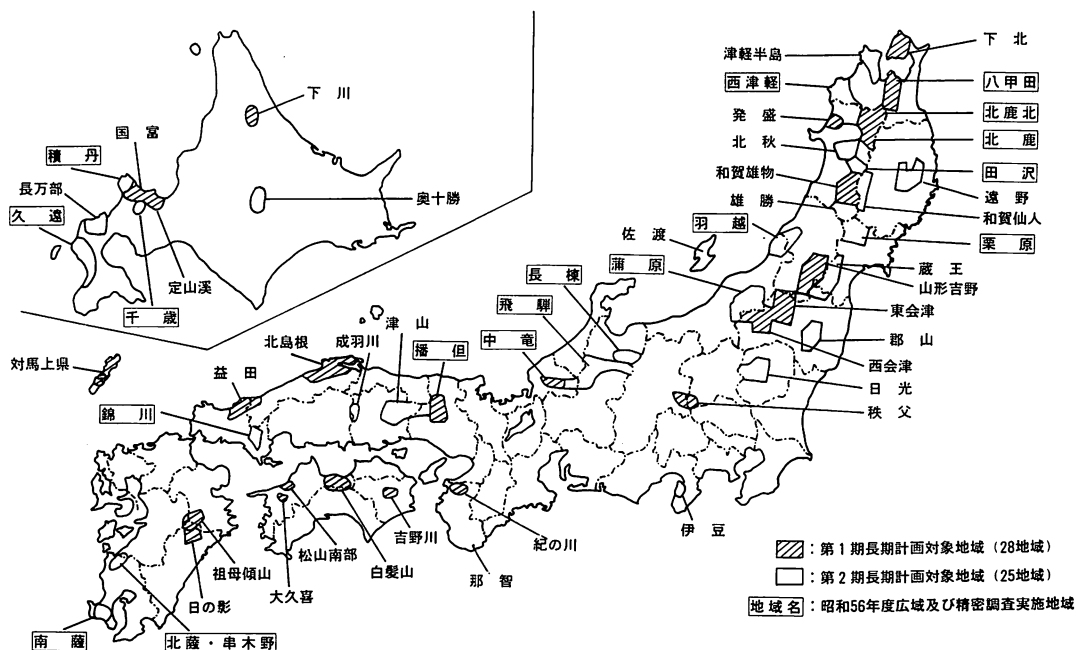


図-2 広域調査・精密調査対象地域（鉱業便覧 56年版）

質調査 250 km² と IP 電探 21 km が実施される予定。

・栗原地域（宮城）

新第三系下部の熱水性鉱脈型鉱床で、対象は細倉鉱山。地質調査、重力探査の結果、55年に1,000 m、56年に700 mのボーリングを実施、57年には、電気探査15.4 kmのほか、ボーリング2本（各700 m）が実施される予定。

・羽越地域（山形・新潟）

主な鉱床は鉱脈型鉱床で、主要鉱山は大泉、朝日。55年度は地質調査 250 km²、56年度は地化学探査1,360件を実施、57年度は地質調査 250 km² とボーリング1孔 600 m が実施される予定。

・蒲原地域（新潟）

主鉱床は古生界の高温交代鉱床と新第三系中新統中の黒鉱型鉱床と鉱脈型鉱床で、主要鉱山は赤谷、持倉、御所、三川の各山。55年度はボーリング1孔 1,600 m と地化学探査により銅の異常帯を把握した。56年度は地化探 435 件、ボーリング1孔 1,500 m、57年度は物理探査 SIP、CSAMT を実施の予定。

・飛騨地域（岐阜・福井）

55年度の跡津地区に次いで56年度には神岡鉱山南西約50 kmの荘川地区で有望な鉛・亜鉛鉱床を捕捉した。49年度より開始された広域調査によりスカルン型鉱床が期待され、55年よりボーリングが実施されてき

た。高品位の鉛・亜鉛鉱床は神岡鉱山に似ており、今後の探査に期待される。57年度はボーリング2本（800 m と 600 m）が実施される。

・播但地域（兵庫）

明延鉱山南部の七十枚谷で55年度に掘削された800 mのボーリングで2枚の含金・銀石英脈に着脈、のうち富鉱部では600～1500 g/tの超高品位のものがあつた。56年度は800 m、57年度にも800 mのボーリングの他、地化学探査が実施される。

・錦川地域（島根・山口）

主な鉱床は三波群変成岩類中の高温交代鉱床で主要鉱山は河山、玖珂、藤ヶ谷、喜和田の各山。54年度には、玖珂鉱山の東西、喜和田の南東でそれぞれ銅、金・銀を含むタングステン鉱化帯を捕捉している。55年度に800 m、600 mの2孔、56年には600 m、400 mの2孔のボーリングと地化学探査 2,530 件が実施された。57年度も地化学探査とボーリング1孔 600 m が実施される。

・北薩・串木野地域（鹿児島）

55年度に地化探およびボーリング6孔を実施したうち、大口鉱山南南東約10 kmの菱刈山田で高品位の金・銀鉱脈（コア長15 cmで金290 g/t、銀167 g/t）を発見、さらに56年8月実施の400 mのボーリングでは、脈巾122 cm、金63 g/t、銀44 g/t、脈巾375 cm、

金 81.9 g/t, 銀 52.8 g/t, 脈巾 545 cm, 金 220.3 g/t, 銀 57.6 g/t といずれもこれまでにない成果をあげ、同地区の鉱区権をもつ住友金属鉱山は、企業探鉱（坑道探鉱）にはいり本格開発を進めることになった。広域調査から一足とびに企業探鉱に入るのは初めてのことである。57年度は、電気探査、地化学探査のほか、ボーリング 1 孔 800 m が実施される。

・南薩地域（鹿児島）

55年度は、地質調査 150 km²、重力探査 400 km²、また、56年度は引き続き地質調査 175 km²、重力探査 320 km² および地化学探査 400 件が実施された。57年度には、地質調査 250 km² のほか、電気探査 40 km が実施される予定である。

2.2 精密地質構造調査

広域調査の結果、優秀な鉱床を胚胎する地層があると推定される地域について試錐、構造坑道等により精密な調査を行い、鉱床賦存の可能性を明確にするものである。現在の予算形態は、国庫補助（一般会計）10/15、都道府県の負担 2/15、鉱業権者の負担 3/15となっているが、鉱業をとりまく情勢の厳しさを甚し、国策的見地から全額国庫負担とされるよう要望されている。

57年度の精密地質構造調査予算は 970,729 千円で前年度に比べ約 5% 減となっている。調査の対象地域は北鹿北、北鹿、栗原、長棟、飛騨、中竜、播但、錦川の 8 地域で新規地域はない。この中で注目されているものを 2～3 紹介すると、青森・秋田両県の黒鉱地帯

の北鹿北地域では、56年度のボーリングにより、十和田湖西方の青森県南津軽郡平賀町温川と秋田県小坂町十和田湖の県境付近で潜頭性の黒鉱鉱床に着鉱した。これは特に高品位な銀（710 g/t）をともなった黒鉱鉱床であり、約 100 m 南東方向でさらに広域調査ボーリングで着鉱したもの（深度 377.7～383.2 m, 金 22.2 g/t, 銀 379 g/t, 銅 2.12%, 鉛 2.90%, 亜鉛 6.14%）との連続性も推定されており、黒鉱鉱床の北部への伸展が確認されたことになった。57年度は、構造坑道と坑内ボーリング 3 本、1000 m が実施される。鉱区権者の同和鉱業は、温川が深沢、餌釣に次ぐ有力な黒鉱鉱床に発展するものと今後の探鉱成果に期待している。また、秋田県の北鹿地域では、大館市北東部の獅子ヶ森地区で、精密調査では初めての立坑方式による掘削工事が始まった。この工事は、55年度の精密調査ボーリングの深度 552～567 m で金 1.9 g/t, 銀 154 g/t, 銅 2.29%, 鉛 3.61%, 亜鉛 12.4% という高品位鉱に着鉱した成果を原動力にして推された大型プロジェクトであり、径 5 m で 700 m まで深り下る予定。宮城県、栗原地域の細倉鉱山北縁部の構造坑道で、鉛 1.05%, 亜鉛 9.4%, 金 0.5 g/t, 銀 44 g/t の鉱床が確認された。この鉱床は、細倉鉱山本体の粗鉱品位と比べ 2 倍に匹敵するものである。

2.3 海外の鉱物資源探査

民間企業による海外鉱物資源の探査は、昭和 44～46 年に生産を開始したエルッペルグ、マムート、ムソシなど大型プロジェクトをピークとして、その後年々探

表 1 海外鉱物資源探査予算

	56年度予算 千円	57年度予算 千円	対前年度比 %	
海外鉱物資源基礎調査	709,457	713,102	100.5	海外長期派遣員 10地域 海外地質構造調査 10地域 ペルー北部、ペルー・クスコ、ニジェール・中部、ブラジル・ミナスジェラス州、ペルー・クスコ、ニジェール・中部、オーストラリア・ダーウィン
資源開発協力基礎調査	1,963,013	2,191,150	111.6	新規 4地域 ①ペルー・イスカイクルス、②ボリビア・サンアントニオ、③マレーシア・サラワク、④インドネシア・北スマトラ 継続 10地域 メキシコ・パチュカ、ボツワナ北東部、コロンビア・ピエドラランチャ、オマーン南部、ブラジル・アンタゴスタ、アルゼンチン・パタゴニア、チリ中部、フィリピン・ミンドロ、インドネシア・スマトラ(U)、中国・安慶

鉱費、開発費が減少しており、長期化する銅価の低迷と不況のため、各鉱山会社は海外開発の意欲を失っている。(図-3参照)

金属鉱業事業団のうけもつ海外の鉱物資源調査には、海外鉱物資源基礎調査と資源開発協力基礎調査とがあり、予算形態は、前者は補助金制度、後者は全額国庫による委託制度となっている。今年度の鉱物資源基礎的調査(地質構造)は713,102千円、資源開発協力基礎調査は2,191,150千円であり、いずれも前年度を上回っている。予算と対象国は表1の通りである。

57年度の地質構造調査は、わずか6～7件の対象プロジェクトにとどまり、ひところの十数件に比べ大幅な減少である。対象企業も非鉄は一社のみにとどまりそう、代ってウラン関係で二社の申し込みがある。ベースメタルはペルー共和国に集中し、ペルー北部のアルベルト、レクエルド両地区およびクスコに期待されている。

協力基礎調査は、今年度から作業を開始する中国・安慶(銅鉱床)の大規模プロジェクトを加えて14地域で実施される。この中で最も期待されるのはペルー・イスカイクルス地域である。これは56年度に3ヶ年計

画を終了し、格段の成果を挙げたオヨン地域で、先方の強い要請により継続して調査を進めることになった。鉱床はワンサラ鉱山と類似しており、南北方向に約13キロメートル以上にわたって追跡され、有望な1.3キロメートルでボーリングの結果、鉛・亜鉛合計品位は平均15%、富鉱部で30%に達するという。57年度は、昨年当たった個所の坑道およびボーリング調査がすすめられ、今後の成果が期待されている。

3 金属鉱床探査の最近の動向

3.1 地質調査・地球化学探査の傾向

鉱床探査をより効率的に行い、系統的な地質学的評価を下すためには、探査を担当する地質技師の個人的、主観的鉱床論に依存することがないよう、鉱床の成因、それぞれの地質環境での鉱床存在の可能性を客観的に整理することが重要である。言いかえれば、広域調査、精密調査、鉱床周辺の企業探査など、それぞれの探査段階の stage での目標を十分理解したうえで、各種鉱床のより系統的な地質学的評価を行うことであろう。

ひとつの試みとして、地質情報のコード化、定量化などが試みられつつあり、ある分類基準により入力デー

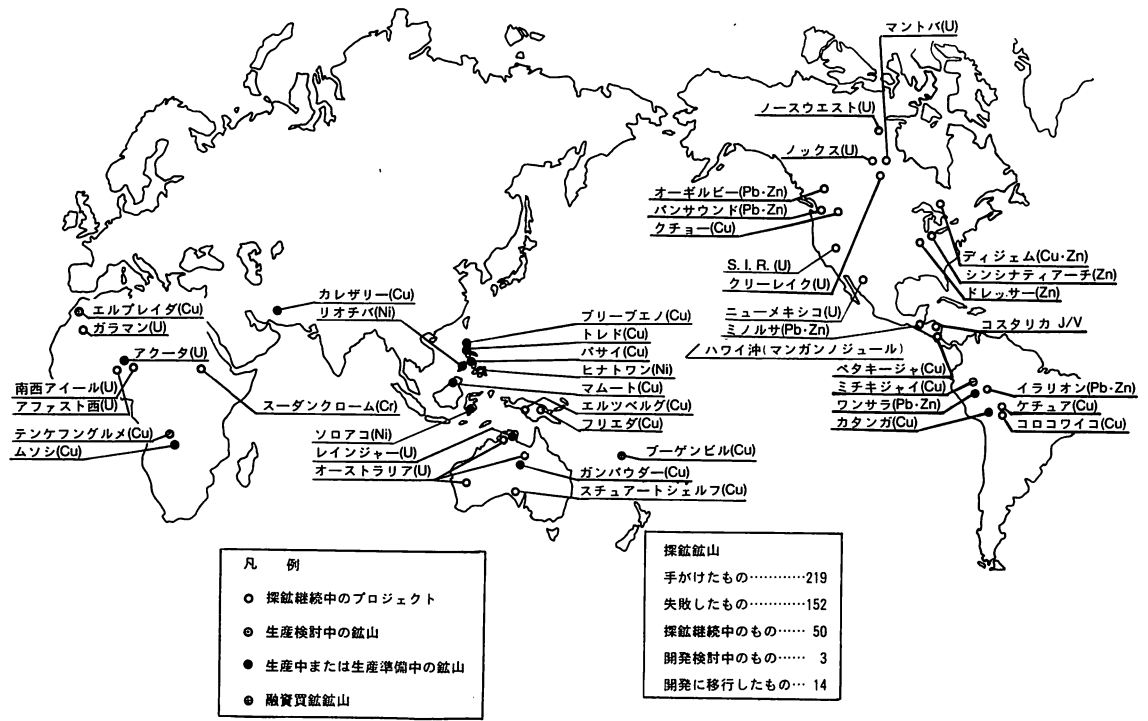


図-3 我が国企業による主要探鉱開発鉱山分布図(鉱業便覧 56 年度版)

表 2 金属鉱業事業団技術開発課の事業

	50	51	52	53	54	55	56
リモート・センシング (調査地)		ミチキジャイ (ペルー) マウントアイサ (オーストラリア)	マウントアイザ (オーストラリア) 高山焼岳	クチョー (カナダ) 中部焼岳	マウントガンソン (オーストラリア) 北鹿・宮古 アラバチャ (アメリカ)	南東部アフリカ キスム (ケニア)	キスム (ケニア) 西日本 伊豆半島
空中電磁法 調査技術開発 (機 種) (調査地)	Barringer AEM 北 鹿 (大坂地域)	Dighem II 北 鹿 (大巻地域)	地上フォロー アップ 北 鹿	Scintrex HEM 北 薩 南 薩			
スペクトル IP 法 (機 種) (調査地)					Zonge GDP- 12/G 小坂内ノ岱 鉱床	同 左 国富第 5, 8 鉱床 細倉大土森地 区 フィリピン	同 左 神岡丸山鉱床 菱刈山田鉱山 ブラジル
AMT 法 (機 種) (調査地)							Zonge CSAMT 菱刈山田鉱山

タをつくり、コンピューター処理による地質図の作成や任意の断面の図化なども今後の課題となろう。

地球化学の分野では、古くからこの基礎データの統計的処理および図化が行われており、小型コンピューターの普及とともに地球化学探査法の活用は加速されている。新しいセンサー、アナライザーの高精度化に伴い、定量化された地質情報と相俟って、地質のデータバンキングに貢献すると思われる。

3.2 物理探査の傾向

鉱床の探査技術の発展のなかで、物理探査技術の発展は、エレクトロニクス技術の急激な進歩に支えられ新技術の中核となるものであり、今後、探鉱対象がより深部に向うにつれて、ますますその重要性は増すものと考えられる。

昨今の物理探査技術の進歩を要約すれば、全体的傾向として、

- (1) IC、マイクロプロセッサなど電子工学分野の技術革新により測定機器が高度化し、従来の単一の測定機から、データ処理、磁気記録、プリンター出力などを同時に行う複合システムへと拡大成長していること。

- (2) 従って、多くのデータを同時に収録することが可能になり、送信側では多周波の信号を、受信側では多成分の信号を送受信する傾向がみられる。(スペクトル IP 法、MT 法など)

- (3) それらの結果をプロッター等により自動図化し、測定結果をわかり易く、見易く表現する。また、マイクロコンピューターの普及により CRT (画像) に表現された結果を検討し、コンピューターとの対話によって地下構造モデルのシミュレーションを容易に行うことができる。

- (4) 金属鉱床探査法の中核をなしてきた各種の物理探査法、例えば、比抵抗法、IP 法、電磁法などの相互間の明確な区分がうすれつつあり、電磁気学の探査理論に裏づけられた総合探査システムの開発が期待されている。

しかしながら、以上の様な研究開発は、長期化する不況の中で鉱山会社には負担が大きく、一方大学や研究機関では基礎理論や学問的研究が主流となり、鉱床探査のための技術開発を期待することはむずかしい。

鉱業政策の唯一の実施機関である金属鉱業事業団では、鉱床探査技術を基礎から見なおして、我が国独自

の技術を開発することを目標に、昭和 50 年度より通産省の委託を受け、調査部技術開発課により表 2 の様な調査が実施されている。

このうち、特に空中電磁法では、鹿児島県菱刈山田地区において有勢な金鉱脈の発見を促す異常帯を検出している。また、最近注目されているスペクトル IP 法では、米国 ZONGE 社の SIP システムにより通常の IP では検出が困難であった深部の黒鉱の異常を捕捉し、グラファイトと鉱化帯の分離等の成果をあげつつ、国内外でデータを収集し実用化をめざして技術開発が行われている。さらに、同システムに追加して使用可能な AMT 法においては、従来の手法よりは分解能が良いと思われる比抵抗構造が得られ、低比抵抗な潜頭鉱化帯の有力な探査手法となる可能性を示唆している。

しかし、これらの調査、研究は、外国で開発された技術の導入および適用試験が主体であり、我国独自の機器の開発は先進諸国に大きく遅れている。新しい探査機器を開発するためには、探査の対象となる鉱床の地球物理的モデルを知る必要があり、そのモデルの諸物性、現象をいかに有効に検出できるかを究明しなければならない。

このためには、鉱床生成環境の地質学的な構造規制を理解し、適切な物性を与えた地球物理モデルを作成する必要があり、一方では、その現象を正しく観測す

るための観測機器およびセンサーを開発する必要がある。

4 おわりに

鉱床探査技術の研究開発は、地質学的、地球物理学的、数理工学あるいは電子工学的な多種多様な近代科学の複合的理解のうえですめられるべきものである。

地質学的モデルについては、幸いにして我国に黒鉱鉱床、鉱脈型鉱床、接触交代鉱床やキースラーガーなど多くの鉱床があり、海外への技術協力調査などによりポーフィリー銅型鉱床などの探査データもそろっている。これらの探査データと経験を整理し、多種類の鉱床モデルを作成してその応答の特殊性を把握すれば、未知の鉱床の解析精度が向上し、鉱床発見の可能性も高まると思われる

そのためには、研究開発分野が多岐に亘り、研究に従事する多大の技術力を必要とするため、研究開発の組織づくりから始めなければならない。

将来は、金属鉱業事業団の技術開発課を発展的に拡大して全額国庫負担による「鉱物資源探査研究開発センター」を設立し、長期的な資源の安定的供給という総合国家安全保障の基本理念のうえにたって、官民一体となって資源探査の研究にとりくみたいものである。

