

金属鉱床探査の歩みと現況

③

木村 正

物理探査

地質調査の結果 物理探査法を併用する必要がある場合には 対象となる鉱床にもっとも適すると思われる方法が選定される。

金属鉱床に物理探査法を試みる気運が生れたのは 大正末期頃(1925年前後)であり 主として大学において磁気探査 電気探査に関する実験が行なわれ わずかに重力 地震探査は試験的に試みられたに過ぎなかった。その後鉱山界が活発化するに至つて漸時実用時代に入った。このように東京大学理学部 地震研究所 京都大学理学部 工学部 九州大学工学部において地震探査 重力探査 電気探査の研究が進められている一方 日本学術振興会では1936年(昭和11年)に物理探査法の研究のために 特別小委員会をつくり 物理探査試験所を設けるに至つた。さらに商工省地質調査所においても1932年頃から電気探査が 1936年には磁気探査 地震探査が つぎつぎに始められた。しかしこの時期における物理探査法の対象は金属鉱床と言うよりも むしろ石油 石炭 その他土木 地下水関係のものが多かった民間会社としては久原鉱業(株)が大正末期に自然電位法を試みたことがあり 日本石油(株) 北樺太石油(株)などで地震 重力 電気 磁気などの探査法を行なっているが いずれも油田を対象としたものであった。また1942年には日本物理探査(株)が設立され 主として土木 地下水 石炭などの物理探査を行なっている。同年前記久原鉱業(株)の後身である日本鉱業(株)の油業部門が帝国石油(株)に吸収されると 残された金属鉱業部門では金属鉱床に対して電気 磁気探査を行なうようになった。戦時中に物理探査法によって 一応の成果を収めたと言

物理探査法の分類と応用分野

方法	現象	物質または状態	主な応用分野
地震探査	弾性波動現象	伝播速度	人工 石油 石炭 其他一般地質構造 特殊鉱床
重力探査	万有引力現象	密度	自然 石油 石炭 其他一般地質構造 特殊鉱床
電気探査	電気分極現象 定常電流現象 電磁現象	分極 比抵抗 透磁率 誘電率	自然 一般鉱床 人工 石油 石炭 其他一般地質構造 基礎地盤
磁気探査	静磁気現象	誘磁率 残留磁気	自然 磁性鉱床 特殊地質構造
放射能探査	放射能現象	放射能	自然 放射性鉱床 特殊地質構造 人工 放射能追跡子の利用
地温探査	熱現象	発熱 熱伝道度	自然 地熱源 温泉 特殊鉱床
物理検層	坑井内の物理探査(電気検層 放射能検層)	速度検層等)	地質構造 石油層 石炭層 鉱脈の確認

(物理探査十周年特別号より)

えるものは青森県上北鉱山銅鉱床の電気探査であろう。これは当時発見された奥の沢鉱床が地表に近く かつ扁平状に広がった特殊な胚胎条件をもち しかもその上部には二次硫化鉄富鉱部を形成する特異な鉱床であったために この方法において成果を収めるには はなはだ都合であったといえよう。しかし終戦までのわが国における物理探査は少なくとも金属鉱床に関する限り 上記鉱山を除いて 探査に貢献したものは無いと言っても過言ではなからう。

終戦後主要な金属鉱山においては簡便な電気探査 磁気探査を主として それぞれ自社鉱区内を探査する気運が生まれるとともに 1948年(昭和23年)には同好の士が集まり 物理探査技術協会を設立している。近年は外国から精度 性能の高い測定装置が輸入され 各方面で使用して実績をあげている。そのうちで もっとも特筆すべきものの1つは放射能測定装置であり その探査技術であろう。さらに海上磁気探査のために輸入した核磁力計(プロトンマグネトメーター)もその1つであり 海底砂鉄の調査に試験的に使用されているし また空中磁気探査にも応用する気運がある。海上音波探査の1つである“スパーカー”も近年試験的に使用されているが これが海底の地質構造のみならず 海底金属資源の調査にも適用される日の近いことを期待したい。

近年比抵抗法に直流を用いシユランペルゼー電極配置による地下の深部探査が地質調査所において行なわれ 現在 地下水 温泉の探査に実績をあげている。さらに地熱の調査にも使用しているが 遠からず金属鉱床における構造解析に応用できるようになることを望みたい。(第①, ②表)

電気探査

電気探査は物理探査のうちでも もっとも早くから行なわれ 現在金属鉱床には広く使われているものである。戦前は既述のとおり大学 地質調査所 電気試験所 その他特殊な鉱山で試験的に行なわれていた程度であったが戦後 1947年妙法鉱山でS P法により 新鉱床を発見して以来 鉱山界でも急速にこれの普及に努め 現在ではこれを常備している鉱山の数は少なくとも20を下らないまでに発展している。

物理探鉱の年度別実績

年度	電										地										計				
	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法		測. 電位法	測. 電位法	測. 電位法	
25	4	2.73																							
26	7	14.67	1	1.20	6	12.13	1	3.00	3	1.31	1	0.6	2	0.17	1	0.1									
27	8	14.70	3	7.60	7	15.07	3	6.10	3	4.66	1	0.6	2	2.61	1	1.20									
28	7	12.07	2	9.40	7	19.03	2	3.60	3	2.59	1	0.6	1	2.58	1	0.24									
29	12	13.03	1	0.5	9	8.96	3	4.30	4	7.47			1	0.81	1	1.1									
30	7	15.16			9	6.10	2	1.75	3	5.48			3	1.97											
31	2	201.33																							
32	2	17.75																							
33	7	10.53	2	5.0	15	15.35	3	1.68	4	2.79			1	1.8	3	19.55									
34	2	28.27																							
35	11	14.81	3	6.2	11	17.14	1	1.12	3	2.33			3	1.57	1	0.17									
36	2	16.1																							
37	10	13.72	4	3.4	13	25.37	1	0.01	3	2.58			2	1.99	1	0.13	1	5.0							
38	4	257.97																							
39	22	122.87	4	37.80	16	135.54	4	25.67	4	33.25	1	1.80	5	18.62	2	1.74	1	5.24	2	2.74	1	1.30	62	390.57	

電気探鉱法の分類

電気探鉱法	象分極利用	自然電位法		
		強制分極法		
	比抵抗分布利用	地電流法		
		人工電位法	比抵抗法	等電位線法
			電圧比法	
分極現象利用	電磁法			
	比抵抗分布	流電電磁法	誘電電磁法	
		電気検層		

(物理探鉱十周年特別号より)

電気探鉱には自然電位法 (SP法) 比抵抗法 電気検層法 電磁法などがあるが このうちもっとも利用されているものは前2者である。(第③表)

自然電位法

これは地下における岩層の自然分極によるものであるから自然分極法とも呼ばれている。

電気探鉱法のうちで もっとも簡便な方法なので わが国では古くから使われている。この方法は地中の自然にできている わずかな電位差を求めるもので 地表に1対の電極を定めて測定し 数値を基にして電位の分布を等電位線をもって作図し 使用に供するのである。この場合 鉱床周辺を対象にするときは鉱床から直接に影響を受けないと思われる地点の電位を基準として測定すれば 多くの場合 鉱床の付近では負電位を示すことがある。このようなとき負電位の著しい付近を等電位線で結べば 同心円状をなすことがしばしばあり これを通常負中心と呼ぶことがある。負異常値とその強さの現われ方は鉱床ごとに様でないし また地表からの深さ 鉱床の規模 または鉱床内の鉱石密度なども関係すると思われる。そのほか鉱床がその周辺に変質帯をもつような場合は これによる影響が大きく現われる場合も多い。とくにある種の硫黄鉱床の例では周囲に比べて 1500 mV の負異常を示すことがあるが このような場合は その原因はむしろ鉱床に起因するものでなく 特殊な変質帯とその周囲の相対関係が示す現象と見られる。また鉱床が地表から比較的浅い場所にある場合にも負異常がそれほど著しい数値を示さないことが多い。なお鉱床周辺では一般に負中心を示すことが多いが まれに正中心を示すこともある。この生成機構についてはまだ解明されていないようである。

比抵抗法

地殻を構成している岩層類はその種類によって電気的に比抵抗値を異にするので それらの岩層の存在し方によっては地表からも その形状を知ることのできる場合がある。同様に金属鉱床においても 岩層の変化とか岩脈の存在 また鉱脈 その他の鉱床のあり方などを知るために比抵抗法が利用されることが少なくない。さらに岩層 鉱床だけでなく 鉱床の周囲に生成されている変質帯なども比抵抗値から その広さとか 形状を推定できることがある。すなわち実際には それらの形状 相互関係などから 異常値が現われるものと思われるが 測定間隔の長短と 対象となる岩層の厚さ また鉱床の規模との関係などによって 地表から推定できる深度が制限を受けることがあり (坑内測定の場合には その位置からの距離) また隣接する地質の相互の比抵抗値の差が小さければ その境界が明りょうに出ないこともある。(第④図)

比抵抗法 自然電位法は それぞれ単独に行なっても特別の場合を除いて 所期の目的を達することのできないことが多い。したがって相方の結果を見て しかも周囲の地質環境を参考にして総合判断する必要がある。

この2つの方法は測定条件だけでなく 地形 表土の主要岩石 鉱物の比抵抗値

岩石	比抵抗値 (Ω-m)	岩石鉱物	比抵抗値 (Ω-m)
火成岩	変成岩	砂岩	3×10 ⁻¹⁰
玄武岩	2×10 ⁴	頁岩	0.8 - 10 ⁴
輝緑岩	2×10 ⁴ - 2×10 ⁴	砂	1 - 5×10 ⁸
閃緑岩	5×10 ⁴	粘土	0.8 - 10 ⁸
片麻岩	2×10 ² - 4×10 ⁴	鉱物	
花崗岩	3×10 ² - 10 ⁴	方鉛	3×10 ⁻⁵ - 0.2
珪岩	10 - 2×10 ⁵	鉛	1.5×10 ⁻⁴ - 0.35
結晶片岩	2×10 ² - 2×10 ⁴	黄鉄	6×10 ⁻⁴ - 0.1
大理石	10 ² - 10 ⁵	磁鉄	6×10 ⁻⁸ - 5×10
堆積岩		鉛	8×10 ⁻⁶ - 6×10 ⁻²
硬石膏	10 ⁸ - 10 ⁵	黒石	1 - 2×10 ⁵
粘板岩	4×10 ⁻¹⁰	石油	10 ¹²
石灰岩	6×10 ⁻⁵ - 5×10 ⁵	海水	0.3
岩塩	3×10 ⁻¹⁰	淡水	10 - 10 ²

(物理探鉱十周年特別号より)

金属鉱床の電気探鉱における測定間隔

鉱床型	自然電位法				比抵抗法			
	測線間隔		測点間隔		測線間隔		電極間隔	
キースラーガー	20m	50m	10m	20m	20m	15m	10m	20m 40mの 組合せ
鉱脈	25m	20m	10m	5m				
黒鉱	20m	10m	10m	20m				
塊状	20m	15m	10m	5m				
接触	20m	15m	5m	10m				
鉱層	10m	20m	10m	20m				
Mn, Cr	20m	10m	10m	5m				
平均	20m	10m	10m	5m				

(物理探鉱十周年特別号より)

厚さなどから受ける影響が大きい。すなわち地形の複雑な場合とか表土が厚くおっている場合には地下の構造をつかむことは困難である。

電磁探鉱法

この方法は外国では利用されているところもあるがわが国では鉱床の胚胎条件が違うのであまり使用されていない。鉱床を電気磁気の良導体と考えることのできる場合には踏査しやすいことや航空機からの空中測定ができるなどの利点がある。この方法は将来さらに発展が期待される。(第⑤表)

磁気探鉱法

磁鉄鉱 磁硫鉄鉱などの磁性鉱物を主体とする鉱床にはこの方法が有効である。たとえば磁鉄鉱鉱床(わが国では接触交代鉱床および砂鉄鉱床など)にはもっとも適用性があるが磁硫鉄鉱鉱床の場合でも前者に比べればやや劣るが有効であり実際に利用されている。しかし非磁性の鉱物が主体であっても磁鉄鉱 磁硫鉄鉱を伴う鉱床ではこの方法を採用することがしばしばある。金 銀 銅 鉛 亜鉛などを主体とする鉱床でも高温の条件の下に生成された鉱床では上記2種の磁性鉱物を伴うことが少なくない。

とくに注意しなければならないのは磁性の異常は鉱床に原因するだけでなくある種の火山岩類には周囲の他の岩層類に比べて磁性が強い場合があることがある。たとえば第三紀の安山岩 玄武岩などにはよくこのような例があり磁氣的に異常を示すことがあるのでこれを利用して潜在する岩体または岩脈を知ることができる。

またわが国の硫黄鉱床では鉱床そのものは磁性はほとんどないが鉱床が母岩である安山岩または碎屑岩中に胚胎するので後生的に硫黄鉱床とその周囲の変質作用による粘土化帯では初生の磁鉄鉱も変質して非磁性体となっているために鉱床付近はむしろ磁性が弱くな

ることがある。この例は磁氣的には弱い部分を目標として探鉱に利用するものである。

このように磁気探鉱法は磁性鉱物を対象として直接に測定してその存否をつかみさらに異常値の現われ方から判断するものであるから一面電気探鉱法に比べれば調査の対象物が明りょうであり判断を下す場合に取り扱いやすいことが多いと思われる。

この方法でもっとも注意しなければならないのは磁気異常値が地形的条件に支配されることが大きいことである。磁性の比較的が高い火山岩からなる地帯では地形によるだけでも磁性の異常値を示すことがあるのでその数値のみでは鉱床に直接に結びつけられないことがある。

また鉱床に関係のある場合であっても磁性鉱床の存在状態によって異常の様相のちがうことがしばしばある。すなわち磁鉄鉱を主とする大規模な鉱床の場合は別であるが磁性の強い鉱物からなる鉱染鉱床が比較的浅い場所にある場合磁性の強い塊状鉱床がやや深く存在する場合磁性の弱い鉱床が地表に近く存在する場合などでは異常の現われ方がそれぞれ特徴をもつであろうが一般には区別しにくいことがあるのでその識別に苦勞を伴うことが多い。

砂鉄は磁鉄鉱を主としチタン鉄鉱 赤鉄鉱 マグヘマイト 褐鉄鉱 菱鉄鉱などを伴っているので鉱床の探査には磁気探査法を行なうことが多い。しかし砂鉄鉱床は概して扁平レンズ状鉱体をなししかも地表に対して平行に近い形を呈することが多いので平坦地の地表から測定した場合には鉱床の状況すなわち鉱床の厚さとか地表からの深さ粗鉱品位などの識別に困難を伴うことが多い。しかし砂鉄鉱床を切るような急傾斜面があるとか鉱床が地表面と交叉するような場合には上記鉱床の存在状態は地表からの測定によっても捕えることができる。

要するに磁気探鉱法においても対象によりまた地質 地形条件などをじゅうぶんに考慮したうえで測定結果を解釈する必要がある。

地震探鉱法

重力探鉱法

前者は弾性波の伝導状況により岩層間の差を後者はその密度の差により岩層間の違いを知ろうとするもので両者ともに地下の地質構造を探る方法として使われる。一般に金属鉱床は鉱床の産状が非常に多様性をもち鉱体の形が急角度を示すものが多い。また鉱床の規模からも弾性波の波長に比べより小さいことが多いし重力探査においても鉱床周辺の岩層が複雑な構造をなすため

に測定値から各岩層別の構造をつかむとか 鉱床を確認することは一般にははなはだ困難である。

ただし わずかな例として坑道を利用して地震探鉱法を行なっていることがあるが この場合には地表で行なうこととちがい 風化帯のような余分のものが介在しないことが利点であるが 他方坑道の発達によって受ける影響は別に検討を加える必要のある事柄であろう。とくに重力探鉱法では地表の形の影響が大きいので わが国の金属鉱床のように地形の変化の多い場所では 地形図 地質図の整備をするだけでなく それ以前に 地形上から適用性に制限があることに注意すべきであろう。なお地表から比較的浅いと思われる塊状の鉱床として北海道虻田鉱山の硫化鉄鉱床 国富鉱山の銅 鉛 亜鉛鉱床において重力探査を行なった例がある。

放射能探鉱法

放射能探鉱はウラン鉱床探査が始まって以来 わが国でも広く行なわれているが 主要対象となるのは なんと言っても放射性を示すウラン鉱床であって 放射線の強度を捕えるために ガイガーマニューラー計数器や シンチレーション計測器などを用い 現地に携行して探鉱したり また航空機によるエアボーン探査 自動車によるカーボーン探査などの方法を行なう。

ときには放射性鉱物を伴う他の金属鉱床でも この方法が有効であるから放射能探鉱法を使用することがある。また放射能の強度は岩層ごとに特異な数値を示すもので一般に酸性岩類(たとえば花崗岩類 流紋岩類)では高く 超塩基性岩類(蛇紋岩類 橄欖岩類)では低く 塩基性岩類 中性岩類はこれらの中間性の数値を示す傾向がある。また堆積岩は通常低い値を示すことが多い。たとえば粘板岩 石灰岩 珪岩 頁岩などはそれであるが ときには特殊な頁岩 砂岩などではやや高い数値を示すこともある。このように岩層別に放射能の差を示すことから 放射性鉱物をとくに伴わない場合でも 岩層の識別が困難な場合とか 風化分解して区別ができない場合に地質調査の補助手段として 計数測定値を参考にして岩層区別の推定をするのに利用することができるであろうし またこれを精度の高い測定器によって空中から測定して岩層区分を予知することも可能であろう。

物理検層法

検層の目的は試錐孔を利用して 孔壁やその付近の物理的性質を知ることと 孔内と地表とを結んで計測し その結果から地下の岩層の構造を知ることである。物理検層は一般に石油 石炭の調査法としては古くから行なわれているが 金属鉱床ではその歴史は浅い。一部

の金属鉱床では試錐孔を利用して 孔内の比抵抗 自然電位 導磁率 弾性波速度 地温などの測定が行なわれていることがあるし また放射能強度を知るために放射能検層を行なっている例もある。しかしいずれも現在の段階では試験研究の域を出ていない。

以上のほかにも金属鉱床への課題として 強制分極法とか 地電流法 地磁気法 地温探鉱法などがあるが いずれも試験研究の段階にあると思われる。ただ強制分極法はわが国では活用の例が少ないが 外国 とくにカナダでは金属硫化物の鉱染鉱床探査に効果をあげているとのことであるから わが国でも類似の鉱床があるので 今後期待するところが大きい。

地化学探鉱

地化学探鉱法は鉱床付近の土壌 地上の流水 岩石などから 特定の元素の分布を引き出して探鉱の指示資料を得ようとする方法である。第2次世界大戦前から一部の地球化学者によって研究が行なわれていたが本格的に研究をはじめ また鉱山に応用するに至ったのは戦後のことである。それには外国 とくにソ連 アメリカなどの先例に刺激されるところが大きく 急激に発達するに至ったものであるが それには実際に効果をあげた鉱山の幾つかの例が その発展の一翼を荷なっているものと見てよいであろう。

現在金属鉱床のうちで この方法を採用されたものとしては金 銀 銅 鉛 亜鉛 硫化鉄 硫黄 マンガン 水銀 ニッケル クローム モリブデン 錫 タングステン 砒素 アンチモン ウランなどの諸鉱床であって 目的とする元素もそれらの鉱石中の主要元素全般にわたっている。分析方法としては現地において迅速に しかも低廉に微量検出を行なうことが主眼となり ゼチゾン法 その他が採用された。

指示元素として通常使用されるものには もっとも普遍性があり またゼチゾン法では検出の鋭敏な元素として亜鉛の使われることが多い。そのほか対象鉱床によって銅 鉛 鉄 マンガン 硫酸根が利用される。最近ソ連では水銀元素の微量分析によって 金銀鉱床の周辺の母岩中に拡散された水銀の分布を調べ その結果から鉱床の探鉱指針を得る方法が行なわれ 多くの実績をあげている。

地質調査所ではこの例にかんがみて 数年前から九州南部の金銀鉱床を対象としてこの方法の研究を進めているが現在の段階において一応の好結果を得ている。(鉱山地質 第13巻 第5号 p. 243 1963) さらにこの方法を類

似の鉱床に適用して その適用性の研究を推進している。

この方法でもっとも注意すべきことは この研究のために水銀の微量分析法を新たに考案し 10⁻⁷g の精度で取り扱うことができたことであろう。 なおソ連では Hg を蒸気にして 光の特性吸収を利用し 分析精度を 10⁻¹⁰g まで高めて行なっているものようである。

各種鉱床と これに利用される指示元素は次表に示すとおりである。

鉱種別指示元素表

鉱種	指示元素および成分
金銀銅鉛亜鉛硫化鉄	亜鉛 銅 鉛 鉄 硫酸根
金銀	水銀
水銀	水銀
褐鉄鉱	鉄 亜鉛 マンガン
マンガン	マンガン 亜鉛
硫黄硫化鉄	硫酸根 鉄
ウラン	ウラン 銻

一般に調査研究の対象としては鉱床の賦存地区または賦存可能地区内における地表流水 土壌 岩石 植物などであるが 通常はこのうちの前2者について行なうことが多い。(第⑥表)

自然流水による法

この方法は 鉱床の露頭付近と 鉱床のない区域との間では これを縫って流れる川水または沢水に亜鉛 銅 硫酸根などの溶解値の差異を示すので これをデチゾン法により分析してその数値から その源を探ろうとするものである。 測点の間隔は流水の量とか 指示元素の種類によって若干調整することが必要で たとえば 亜鉛のように溶解しやすく また反応に鋭敏な元素は50m でもよい場合がある。 明延鉱山で行なった例によれば 川幅 5m 以上の場合は 100m の間隔を それ以下の小沢では50mの間隔をもって試料を採取しているとのことである。 しかし他の元素 成分では測点間隔はこれより一

般に小さい。 また坑内で循環水が湧水として出る場合には これを対象として地化学探鉱を行なうことがある。

土壌による法

自然水による調査結果から さらに地化学探鉱の精査を必要とする場合 または地質調査の結果から必要と認められる場合には対象区域に土壌による地化学探鉱法が採用される。 通常は10~20mの間隔で平行測線をとりにさらに測線上に 5~10mの規則的な距離で測点を設け各測点ごとに腐植土の下部で 地下 30cm または それ以下の部分の試料を採取して これをデチゾン法により亜鉛 銅 鉛 鉄 水銀 硫酸根など それぞれの対象による元素 成分を選んで定量を行ない 図面上に等値曲線を書いて 鉱床賦存の可能性についての考察を行なう。 明延鉱山の例では銅 鉛 亜鉛について 種々検討の後測線間隔50m 測点距離20mで試料を採取している。

岩石による法

鉱床に近い露岩とか 風化作用による変化を受けない坑内を対象として 前記の2方法と併用することがある。 たとえば ある種の拡散しやすい成分が鉱化作用に伴って初生的に 鉱床の母岩中に広く分布しているような場合に有効である。 既述のように水銀元素の微量の分散現象を 金銀鉱床の探査に役立てようとして行なっている研究はこの例であるし 硫黄鉱床における母岩中の pH 検出もこの例であろう。

地化学探鉱法は露頭が少ないとか ほかに手がかりがないときに概査として行なわれることがあり 表土下に潜覆して直接に見えない露頭 または潜頭鉱床の徴候をとらえるのに好都合である。 この方法はいずれの場合も微量分析が基礎であり しかもなるべく現地において調査を進めながら迅速に結果を知り それによって適切に より有効に探査区域を拡張 縮減して 精査区域を調節し 探査能率をあげるように利用して行かなければならない。

地化学探鉱は鉱床探査の方法としては地質調査に引き続いて 必要な場合には精査として行なうことがしばしばある。 また解析に当っては 地質調査の結果に基づ

No	No	銅		鉛		亜鉛		鉄		マンガン		硫酸根		水銀		μg
		濃度	検出率	濃度	検出率	濃度	検出率	濃度	検出率	濃度	検出率	濃度	検出率	濃度	検出率	
25	1	3.0	1	18.1												3.600
26	1	2.0	1													54.75
26	1	2.0	1													6.300
27	1	13.0	1													2.0
27	2	100.00	1	0.2	1	12.0	1	1.2								14.750
28	1	30.30														19.600
28	5	3.22														1.600
29	5	3.22														23.800
30	5	8.58	1	25.0	1	0.2	1	0.25	1	250.0						200.0
31	5	4.36	1	1.4	4	84.53	1	0.07	1	250.0						26.400
32	6	5.43	1	15.0	6	4.30	2	1.18	1	200.0						28.30
33	9	6.90														15.000
34	9	5.92	4	2.7	7	3.17	3	3.20								13.80
35																100.0
36																45.000
37	3	20.3	3	41.3	30											411.75
38	3	20.3	3	41.3	30											411.75

地化学探鉱の年度別実績表

きさらに物理探鉱法を行なった場合にはその結果をもあわせて総合解釈をしなければならない。なお地化学探鉱の実施に当って とくに注意を要することは 調査区域内における旧坑 旧研捨場などの存在である。このような人工による 後生的な要素が不注意のまま取り扱われることがあれば 総合解釈上大きな誤りをおかす結果となるので 慎重を期する必要がある。

植物による法

植物の根が表土中の成分を吸収するので 地下の成分分布を探る方法として採用されることがある。外国ではその例があるが わが国では 地質条件 地形と浸蝕などの相互関係から 風化帯の深さや 広がりや安定性が少ないことが多いので ほとんど行なわれていない。

植物中に特定の元素が集中する問題については 植物体内部の組織または器官の機能に関する生物化学的研究と平行に またはこれと協力して研究を進めて解釈して行かなければならないであろう。ある特定の元素が植物体の中から検出されたといっても その値の大小は土壌中の分布の濃淡を必ずしも示すものとは言えない。むしろ植物種による元素吸収の特性の有無を充分に考えて後 判断する必要があると思われる。すなわち検出された元素の根源については その土壌中に求めることはできても 検出値の異常については機械的に その下部の土壌中に直接に当てはめることはできない。

試 錐 探 査

試錐掘さくによる探査法は戦前から行なわれていたが いちじるしい発展をとげたのは終戦後 とくに1950年(昭和25年)以降であって 探査の面で鉱床を発見し 鉱業の発展と資源開発に果たした功績は既述の通りである。

a) 試 錐 探 査 の 種 類

試錐探査法は いろいろの目的に使用される。すなわち稼行鉱山において 現在開発中の鉱床の延長部を捜すために行なう直接の探鉱法と 鉱床の未確認の地区に対して 多くの有力な調査資料に基づいて新鉱床を捜すための探鉱法と さらに 地質調査の一環として 地質構造および堆積環境などを知るために行なういわゆる構造試錐 などがある。

i) 直接的探鉱に使われる試錐

現に開発中の鉱床に対して走向延長 傾斜延長における鉱体の存在の有無と 鉱石品位との確認を目的とするもので 規模の大きい鉱床では 坑内で行なわれること

がしばしばある。試錐施工に当っては鉱床の賦存状態と 試錐機設置との関係から判断して 垂直試錐 水平試錐 傾斜試錐など 適宜の方法を講ずるのが普通である。また坑道掘進が行なわれていないか 坑道はあっても目的の試錐を行なうに適する場所が得られないときには 坑外から行なうことがある。この場合にも状況に応じて垂直 水平 傾斜掘りなどの諸方法を行なうことがある。

ii) 新鉱床探査のための試錐

通常は鉱床の確認されていない地域に行なわれるものであるから 地表からの試錐が大部分を占める。近年は地下深部の鉱床を目標にすることが多くなり 地表からの深度が次第に大きくなりつつあり 500mまたは1,000mを越えるものも少なくない。

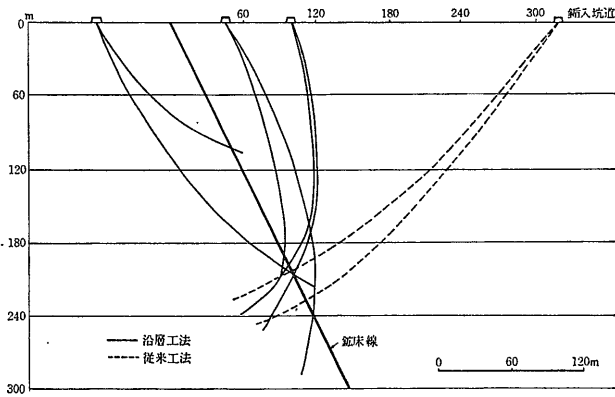
iii) 地質構造を知るための試錐

広い区域の地質調査の結果 地層の堆積環境 火成活動などから鉱床の賦存する条件を知ろうとするために行なう試錐であり 鉱床の深部探査の一部として 本格的な探鉱以前の段階において行なわれるもので 新鉱床を探査する場合には 鉱床賦存の可能性を推定するために是非行なわなければならない方法である。これも最近では次第に深部を目標とする傾向があり 深度1,000m以上2,000mに達するものもある現状である。

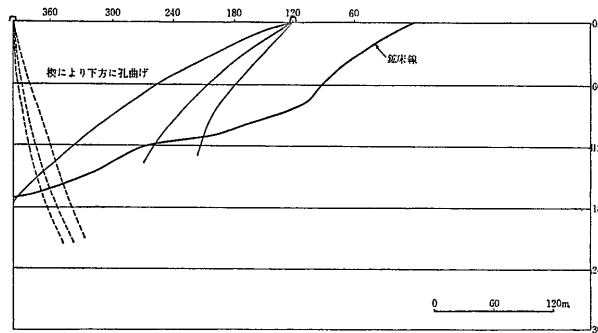
これらの試錐には目的に応じて 全岩芯採取をするものと 一部の岩芯を採取するものがある。試錐の目的が鉱床に当てるのみでなく 掘進途中の岩層の変化やその構造を調べ さらに鉱床との関係を知ることになれば前者が採用される。この場合試錐作業としては連続的に岩芯を採取するので 一面詳細な資料が得られて都合がよいのであるが 他面その都度ロッドを上げ下げするので 余分の手数と時間がかかる。したがって深度が大となれば なるほど m当りの時間を要することとなり 掘進能率は低下する。

これに比べて あらかじめ地質調査 その他の方法で着鉱深度が算定され しかも途中の岩層の岩芯を採取する必要がなく 早急に着鉱させたい場合は後者を採用する。すなわち予定深度に近い部分だけ岩芯を採取するものである。したがってもし必要があれば 途中はスラッチによって岩層を対比することもできる。

実際には堅硬な岩層部では岩芯の採取率が高いが それに反して脆弱な場合は低く はなはだしい場合には岩芯としては採れず 砕粉だけしか採れない場合がある。たとえば断層とか 擾乱帯 粘土帯などでは 岩芯が採れないばかりでなく ロッドの周壁で崩壊して掘進を妨



別子本山坑(地層が急傾斜している場合)



筏津坑(地層の傾斜がゆるい場合)

げジャミングを起こして作業困難に陥ることがある。とくに岩層が粘土化作用を受けている場合はこのような事態が起こりやすい。

iv) 長孔探鉦

鉦床の富鉦部が鉦染状部によって囲まれて 鉦体の輪廓が明りょうでない場合とか 富鉦部が不規則に存在し距離は大きくなくとも 高い密度をもって探鉦する必要がある場合には 試錐機によることなく さく岩機を使い 簡易にスラッジによって長孔探鉦を行なうことがある。しかしこの場合は 鉦床の存在を知ることはできても 鉦石の品位を知ることは困難である。また長孔孔内を利用して電気探鉦による検層を行なっている例もある。たとえば都茂鉦山などは長孔探鉦を有効に利用している例である。(第⑩表)

b) 金属鉦山における試錐技術の進歩

金属鉦山に試錐探鉦が行なわれた最初の頃は 試錐機も炭田 温泉などのように比較的軟岩用の低速回転のものであり メタルビットまたはダイヤモンドを数個手植えた程度のものであった。金属鉦床の如く 堅い

岩層中にあるものが多い場合には このような性能の試錐機を利用しても非常に能率が低かった。1948年(昭和23年)ころから外国製機械植込みのダイヤモンドビットが輸入されて以来 国産機もその影響を受けて急激に進歩した。この種のものは回転が高速化して能率が漸時高まるとともに 錐進装置もスクリーフ式から油圧給進式に徐々に切りかえられている。このように機械の取り扱い上での変化に応じて ロッド コアチューブその他掘さく工具全般に 構造および材質の改良が加えられ 近年では外国製品に劣らない性能をもつものが製作され 現在は国産機を主体として外国製品を交える程度になっている。(第⑩表)

また一方掘進技術のうえにも 進歩が見られ ケーシングを活用し また軟弱で崩壊しやすい岩層に対しては 泥水を巧みに利用して 孔壁を保護し所期の目的に従って能率よく掘進できるようになった。近年試錐探鉦に深掘りが要求されるに及んで 能率上からロッドの揚げ降ろし作業に時間を短縮できる ワイヤラインコア採取法が目目され すでに柵原鉦山においては これを実施して好結果を得ている。

また試錐孔内の崩壊を防止する一手段として ダブル

試錐探鉦の年度別実績

年度別	鉦 種 別																				計					
	銅 硫化鉄鉦		銅 亜鉛		銅 鉛		銅 亜鉛		硫化鉄鉦		硫黄鉦		鉄 鉦		銅 鉦		ウラン鉦		金銀鉦			水銀鉦		アンチモン鉦		
	数量	品位	数量	品位	数量	品位	数量	品位	数量	品位	数量	品位	数量	品位	数量	品位	数量	品位	数量	品位		数量	品位	数量	品位	
25	11	12,354	3	2,659	9	13,968	1	2,377	1	351	1		2	1,853					1	167					27	32,962
26	15	19,480	4	4,411	10	19,968	2	3,791	3	2,985	1	2,785	3	4,628					2	538					39	58,007
27	16	27,565	4	5,331	10	27,589	3	5,714	3	7,784	1	7,848	4	7,147	1	49			3	1,027	1	1,222	1	656	51	118,702
28	19	39,369	4	7,930	10	30,387	4	12,496	3	8,911	1	7,424	4	8,634	1	336			3	1,591	1	3,600	1	684	58	160,716
29	20	50,421	4	7,796	12	45,610	6	15,809	3	13,369	2	8,469	5	13,055	1	312			3	1,286	1	3,872	1	875	66	198,048
30	24	70,112	4	9,548	15	57,934	7	20,877	3	10,239	2	8,941	5	13,923	1	471			3	1,268	1	3,872	1	524	76	266,938
31	27	96,485	4	13,012	17	75,907	8	33,568	3	18,188	2	6,394	6	15,148	2	383	1	178	3	2,628	2	4,533	1	200	79	304,640
32	29	113,613	4	17,117	18	82,926	8	38,976	3	15,844	2	6,357	6	15,127	2	1,539	1	3,682	3	3,761	2	6,128	1	947	82	310,692
33	30	107,597	4	21,322	18	81,755	8	42,317	3	14,105	2	4,077	6	16,299	3	2,333	1	9,498	3	3,697	3	6,745	1	947	82	310,692
34	30	130,923	4	24,252	18	101,110	8	47,226	3	11,534	2	4,607	6	19,454	3	3,201	1	5,669	3	4,582	3	11,274	1	1,759	82	365,601
35																										
36																										
31		668,189	4	113,178	18	535,816	8	223,151	3	103,370	2	56,502	6	115,268	3	8,624	1	19,027	3	19,289	3	37,374	1	5,685	83	905,871

コアチューブを使用して掘進することも行なわれている。

最近住友金属鉱山KK別子鉱業所で公開した沿層試錐工法などはこの種キースラーグーにおいて長年にわたって苦汁をなめてきた試錐の孔曲りを逆に利用して試錐探査に著しい効果を収めた例である。

試錐掘進に当っては岩層の状況によって孔曲りの現象を起こすことは試錐探査の進展につれてつとに関係者の気付くところとなりこの防止対策として種々の方法が講じられてきた。とくに結晶片岩類を母岩とす

るキースラーグーにおいてははなはだしいものがある。一般に試錐のロッドの方向が母岩の層理片理に対して斜交している場合にはロッドの進進方向は層理片理に垂直になる方向に曲る傾向がある。

別子鉱山では1952年頃からこの孔曲りの傾向をよく研究し特殊な楔を使用して人為的にしかも適宜に孔曲りを起こさせる試験を行ないこれを沿層試錐に適用して1961年(昭和36年)本山下部の試錐に成功しその後本山坑で2カ所 筏津坑で1カ所において好結果

鉱床型別探鉱延長(1959)

区分	鉱床型別	地表調査		物理探鉱				化学探鉱				試錐		立入		ひ押		掘上(下)		
		鉱山数	(km ²)	鉱山数	(km ²)	鉱山数	(km)	2	1.38	鉱山数	(km)	36	1,093	67,140	39	24,976	41	91,060	39	31,029
富鉱部の探査	脈状鉱床	3	5.56	3	6.6	1	0.8	2	1.38											
	塊状鉱床	4	14.41	2	0.3			1	0.20											
	層状鉱床	1	0.60			2	12.98			1	0.60	13	1,178	28,707	16	10,346	16	16,620	14	10,254
	計	8	20.57	5	6.9	3	13.78	3	1.58	1	0.60	76	3,479	158,638	77	46,383	79	125,628	72	44,862
新鉱床の探査	脈状鉱床	27	271.95	14	10.80			13	6.09			33	513	56,288	30	14,867	23	17,335	14	1,874
	塊状鉱床	21	505.65	18	17.67			8	6.17			33	876	86,238	17	9,649	18	9,695	12	930
	層状鉱床	9	167.80	4	22.50	2	2.60	3	0.88			14	591	56,951	13	4,401	10	7,449	7	1,813
	計	57	945.40	36	50.97	2	2.60	23	13.13			80	1,980	199,477	60	28,917	51	34,479	33	4,617
合計	脈状鉱床	28	277.51	15	17.40	1	0.80	12	7.47			42	1,606	123,428	43	39,843	43	108,395	42	32,903
	塊状鉱床	22	520.06	19	17.97			8	6.36			37	2,084	149,029	23	20,710	24	27,643	20	4,509
	層状鉱床	10	168.40	4	22.50	3	15.58	4	0.88	1	0.60	16	1,769	85,658	17	14,747	19	24,069	16	12,067
	計	60	965.97	38	57.87	4	16.38	24	14.71	1	0.60	95	5,459	358,115	83	75,300	84	160,107	78	49,479

各年の探査法と鉱山数との関係

年 度	1946		1947		1948		1949		1950		1951		1952		1953		1954		1955	
	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー	脈塊状	キースラーグー
探鉱方法	状状	%	状状	%	状状	%	状状	%	状状	%	状状	%	状状	%	状状	%	状状	%	状状	%
探鉱坑道	15 10 6	88	15 8 6	76	17 7 4	70	18 5 6	63	17 6 4	52	19 5 2	44	19 5 4	47	16 4 3	37	7 3 4	23	13 4 3	30
探鉱坑道+試錐	2 2	12	2 3	13	2 4 2	20	2 5 1	17	4 4 5	25	5 11 5	36	5 8 5	30	8 8 6	35	11 18 3	52	9 16 4	44
探鉱坑道+物探			1 1	5	1 1	5	1 3	9	1 1 1	6	1 1	3	1 2	5	2	3.5		1		1
探鉱坑道+化探									1 1	4	1	2	1 7 1	15	4 1 8	5 1 4	16	4 2 1	11	
探鉱坑道+物探+試錐			1	3	1	2.5	3	7	1 5	11	1 4 1	10	1 7 1	15	4 1 8	5 1 4	16	4 2 1	11	
探鉱坑道+化探+試錐			1	3	1	2.5	1 1	4	1	2	2	3	1 1	3	2 2	6	1 1	3.5	1 1 1	5
探鉱坑道+試錐+化探+物探											1	2	1 1 1	5	1 2 1	6	1	2	2 2 2	9
調査鉱山数	35	100	38	100	40	100	46	100	52	100	59	100	60	100	63	100	61	100	66	100

(鉱業技術10年回顧より)

獲得可採鉱量(1954)

区分	鉱床型	銅硫化鉄鉱		銅亜鉛		鉛亜鉛		硫化鉄鉱		硫黄鉱	鉄鉱	金鉱	備後鉱	アンチモン鉱	水銀鉱	石膏	計										
		鉱山数	硫化鉄鉱	銅山数	硫化鉄鉱	銅山数	硫化鉄鉱	銅山数	硫化鉄鉱																		
富鉱部の探査による	脈状	17	1,627,076	1	243,216	5	1,098,100	9	1,178,330								42	4,563,290									
	塊状	5	3,585,768	3	298,736	1	29,526	4	753,740	4	680,409	1	22,397	9	1,752,933		27	7,223,509									
	層状	11	1,536,035	2	392,600			1	70,000	1	246,200						3	3,398,135									
	計	33	6,748,879	6	934,552	6	1,127,626	14	2,002,070	5	926,609	1	22,397	9	1,752,933	4	250,497	3	64,800	1	84,665	3	57,906	3	1,112,000	88	15,184,934
新鉱床の探査による	脈状	4	548,852	1	102,810	5	393,665	5	473,688																		
	塊状	5	1,136,449	1	94,630	1	1,300	3	279,230	3	1,553,700	1	26,147	2	63,690												
	層状	8	3,966,516	1	126,000	1	1,290,000																				
	計	17	5,651,817	3	323,440	7	1,684,965	8	752,918	3	1,553,700	1	26,147	2	63,690	2	7,482	2	13,700	1	34,080	3	59,439				22
合計	脈状	18	2,175,928	1	346,026	6	1,491,765	9	1,652,018																		
	塊状	7	4,722,217	3	493,366	1	30,826	4	1,032,970	4	2,234,109	2	48,544	10	1,816,623												
	層状	12	5,502,551	2	518,600	1	1,290,000	1	246,200																		
	計	37	12,400,696	6	1,257,992	8	2,812,591	14	2,754,988	5	2,480,309	2	48,544	10	1,816,623	4	257,979	3	78,500	1	118,745	3	117,345	3	1,112,000	96	25,356,312

獲 得 可 採 鉱 量 (1957~1959)

年度別	銅		鉛		鋅		硫化鉄鉱		硫黄鉱		鉄 鉱	金 銀 鉱		備 佐 鉱		アンチモニー鉱	水 銀 鉱		石 膏	合 計						
	鉱山数	硫化鉄鉱	鉱山数	硫化鉄鉱	鉱山数	硫化鉄鉱	鉱山数	硫化鉄鉱	鉱山数	硫化鉄鉱		鉱山数	硫化鉄鉱	鉱山数	硫化鉄鉱		鉱山数	硫化鉄鉱			鉱山数	硫化鉄鉱				
1957	36	5,288,584	5	741,886	7	655,826	13	2,598,943	8	11,090,308	3	510,798	5	2,339,825	4	533,589	2	74,783	1	77,927	1	3,950	1	403,475	88	24,367,333
1958	38	5,389,261	4	347,860	3	246,144	15	2,279,325	6	922,496	3	189,931	5	3,908,786	3	488,280	2	36,443	1	71,610	1	20,380	1	350,079	86	14,285,551
1959	37	12,400,696	6	1,357,992	8	2,812,591	14	2,754,988	5	2,480,309	2	46,544	10	1,816,623	4	257,979	3	78,500	4	118,745	3	117,345	3	1,112,000	96	25,356,312

を得ている。この種の試錐には従来坑内に適当な位置を定めるために 鉱床の上盤側に 試錐深度とほとんど同じ長さの錐入坑道を掘進していたものである。しかし沿層試錐工法の成功によって その必要がなくなり 鉱体に近い上盤下盤側から 目標とする深度の鉱体部にすみやかに到達し しかも経費を著しく軽減することができるようになった。層理 片理の傾斜が比較的急な場合には 鉱床の下盤側から掘進することも可能である。

以上の各種探鉱技術のほかに 現在研究中のものとして海底砂鉄の探査がある。その概況をここに紹介する。(第⑧、⑨、⑩表)

海 底 砂 鉄 探 査

1954年(昭和29年)に未利用鉄資源開発調査を開始したことは既述の通りであるが このうちの砂鉄資源についてはその後調査の進展とともに 開発も進み 重要な鉄資源としての一翼をになっている。しかしながら砂鉄資源が逐年増産を続けて行く一方 開発の進展に伴い 従来着目されていた陸上の砂鉄のみを対象にしている 鉱石の低品位化と同時に 鉱量の確保の上からも漸時限界を感ずるようになり 勢い砂鉄開発地に近い沿岸の海底砂鉄が新たな砂鉄資源として俎上に上るに至った。すなわち 1956年(昭和31年)から 未利用鉄資源開発調査分科会を通じて 地質調査所に対し 調査方法確立に関する要望が出された。当時は陸上砂鉄に関しては調査資料も蓄積され 実際に開発も行なわれていたので 国内の概況は一応整いつつあったが 海底砂鉄については全く資料がなく しかも 調査を開始するにしても 調査技術上から種々困難な問題があって 急には発足できなかった。1958年(昭和33年)には基礎的な資料を得ることと 調査方法の確立とを目的として 千葉県飯岡町沖を中心とする海域において 沿岸距離約20km 海浜より約5km の範囲について 主としてプロトン磁力計による調査を行なった。さらに翌年はこれに続いて その東部に隣接する海域の調査を行なっている。この結果プロトン磁力計による異常が認められるとともに 簡単な曳航サンプラーを用いて試料の採取を行なった。しかしながら磁気異常が果たして砂鉄層の存在に起因するものか どうかを判断できるまでには至らなかった。

この研究によって得られたものは概査の結果と 海上観測に関する問題点が提起されたことである。

ついで1960年(昭和35年)には鹿児島県指宿 大根占海域の調査研究を行ない その結果として プロトン磁力計による磁気異常については そのうちの著しい異常値は安山岩または他の基盤によるものと考えられるし 砂鉄の賦存は むしろ低い異常値と関係が深いと考えられた。ついで1961年(昭和36年)には 北海道噴火湾 青森県津代南部海域において 研究を続けた。

1962年(昭和37年)には従来の海底砂鉄の研究による問題点を さらに究明すべく 多くの資料を基として検討を加えた。すなわち海底砂鉄の調査研究の方法として 従来のそれに加えて 砂鉄の堆積環境を知ること目標をおき これに必要な種々の資料を得るべく 新しい研究の方法を加えた。試料の採取法としては 従来の曳航サンプラーだけでなく 定点の試料採取用として特殊採泥器を試作し また海底地質の垂直試料採取の方法として海底試錐の方法を研究し さらにこの目的に適する試作器機設備などを検討している。また海上の定点を迅速正確に観測すること 海水の深度測定による海底地形図の作成 さらに堆積環境を研究するために 現地において海水の流れの方向 速度 ならびに海上波の方向 速度を観測し 海流 潮流の変化に関しては 関係方面から多くの資料を集めて 研究の結果を総合解釈する方法をとっている。また底質の観察に海中テレビを試験的に行なってさらに今後の進展を期している。

研究対象地としては1962 1963年は千葉県富津岬南方を選び さらに1964年以降は 逐次調査方法も進展しているので 新しい海底砂鉄地帯に移る予定にしている。

このようにして海底砂鉄調査の目標は 調査方法の研究を確立することから 順次国内海底砂鉄資源の実体を知る方向へ進みつつあると云うことができる。

以上地質調査所の研究調査とは別に これに先立って 鹿児島県指宿 大根占海域では東邦金属KKで海底砂鉄の採取を行なっているし 最近では有明湾内に有明製鉄KKは一部開発を始めている。また青森県大畑海域では現在砂鉄原料KKと磯部鉱業KKが協同で開発調査を行なっている。なお神奈川県三浦半島の一部でも かつて海底砂鉄の採取を行なったことがあるということである。

(筆者は鉱床部金属課長)