

静岡県縄地鉱山における物理探査

—浅熱水性金銀鉱床に対する物理探査法の適応性の研究—

小林 創*

Electrical Prospecting at Nawaji Mine, Shizuoka Prefecture

Examples of Adaptability of Electrical Methods for Hydrothermal Gold Deposits

by

Hajime Kobayashi

Abstract

The electrical prospecting was carried out for applicability of gold ore deposits at Nawaji mine in Shizuoka prefecture.

And electrical anomalies were found on the outcrops of known deposits.

By the resistivity method, the boundaries of mineralized zones were shown with high resistivity values.

On the other hand, negative anomalies of self potential were found on those outcrops.

Therefore these both methods seem to be useful for this purpose.

要 旨

静岡県縄地鉱山の含金石英脈鉱床に対して物理探査を実施した。

物理探査は、おもに電気探査を行ない、一部放射能探査をも併用した。

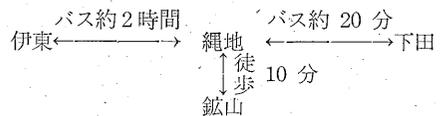
この調査は、この種鉱床に対する物理探査法の適応性を検討する目的で行なった。

調査の結果、電気探査法により、鉱床ないし鉱化帯で顕著な異常が認められ、可探性が明らかにされた。

氏はじめ職員各位の協力を得た。深謝の意を表する。

2. 位置および交通

縄地鉱山は、静岡県賀茂郡下河津村縄地地内にあり、下田の北東約 9 km の地点にある（5 万分の 1 地形図「下田」）。



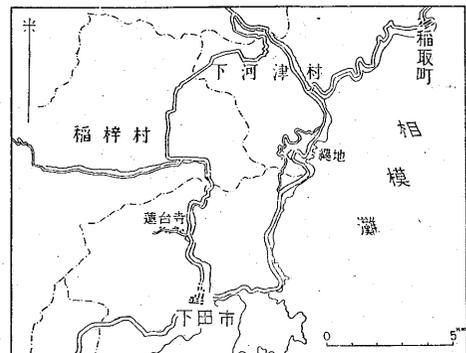
1. 緒 言

昭和 32 年 2 月、約 20 日間および昭和 33 年 3 月、約 20 日間の 2 回にわたって、静岡県賀茂郡下河津村縄地地内、縄地鉱山において物理探査調査を行なった。

この調査は、南伊豆地方における浅熱水性金銀鉱床に対する物理探査法の適応性を検討することを目的として行なったものである。ここにその結果を報告する。

第 1 年度調査は、筆者の他、馬場健三が電気探査を、小野寺公児が測量を担当し、第 2 年度は、筆者のほか、室住正義・馬場健三が電気探査を、福吉長雄が測量を担当した。

調査にあたり、土肥鉱業株式会社縄地鉱山長遠藤勘治



第 1 図 位置図

3. 地質および鉱床

* 物理探査部

縄地鉦山付近の地質は、第三紀中新世～鮮新世の石英安山岩—石英斑岩・安山岩質凝灰岩・砂岩・斑晶質輝石安山岩・同質碎屑岩・火山礫岩・礫岩等の岩石が分布している。これらの岩石はいわゆる湯ヶ島層群の中に包括されるものと、白浜層群の中に入れられるものおよびその中間層、あるいは新期の火山岩類として分布するものもあり、全体として複雑な分布を示し、総括的な層序区分は明らかではないが、下部—湯ヶ島層(緑色安山岩・凝灰岩等)、中部—縄地石英安山岩類、上部—白浜層(下部: 帯紫緑色凝灰岩・砂岩・安山岩等、上部: 砂岩・礫岩)の区分が知られている。

現在主として稼行されている本山鉦床は、中部の石英安山岩類中にあり、西部の運上山鉦床は、白浜層下部より湯ヶ島層に至る間の岩石中に胚胎している。

鉦床はいずれも熱水性裂か充填鉦床であるが、地質構造的にみて本山鉦床の鉦脈が比較的均一質の石英安山岩中に発達する裂か中に胚胎しているのに反して、運上山鉦床では(変質)角礫凝灰岩・砂岩の累層ならびに安山岩類からなるため、鉦脈の規模・性質にも差異が認められている。

鉦脈は一般に安山岩質部では優勢となっているが、凝灰質岩中では細脈化する。

本山鉦床は、低角度断層性裂かに胚胎する銀—銅を中心としてその上下に30~45°で交差する副生裂かに多数の鉦脈が発達している。ただし下部開発が進んでいないので、下部の鉦脈の状況は不明である。

鉦脈は銀—銅・山神銅・本銅、などの数多くの鉦脈があるが、現在主として稼行され、出鉦しているのは銀—銅である。

鉦脈の周縁の母岩はかなり珪化作用を強くうけている。

運上山鉦床は、下部において昔時、高品位鉦の産出をみたと伝えられる。現在下部鉦床については、わづかに旧坑の資料を残すのみで詳細は明らかでない。

地表付近の前述した岩質の累層中では、鉦脈は細脈化し、網状となるが、鉦床周縁の母岩は珪化等の変質を余り強く受けていない。

4. 調査目的

今次調査は、伊豆半島南部地域の含金銀石英脈に対する物理探鉦法の適応性を検討することを目的として行なったものである。

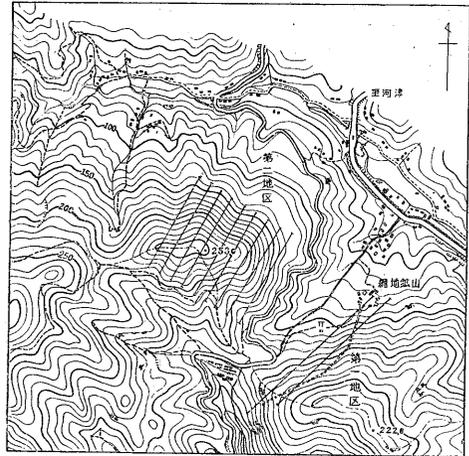
従来この種鉦床に対しては、大口・春日・清越等の諸鉦山において物理探鉦調査が行なわれてきた。このうち大口・春日鉦山の結果は、比抵抗法・自然電位法ともその適応については、可探性を示唆するような示徴が得ら

れた。清越鉦山においては、比抵抗法の結果は顕著であったが、自然電位法では明確な電位変化が認められない状態であった。

筆者はここに、この種鉦床に対する物理探鉦法の適応性を検討するためさらに、本地域の鉦床について資料を収集することとし、調査を実施したものである。

5. 調査区域ならびに調査方法

今次の物理探鉦調査では、縄地鉦山鉦区内に2区域を選定して実施した(第2図)。



第2図 縄地鉦山付近地形図

第1区域は、本山鉦床の上部にあたり、山神立入坑道上部付近に設けた2測線からなる(第3図)。

なお本区域においては地表調査のほか山神立入坑道内において電気探鉦ならびに放射能強度測定を実施した。

また第2区域は、本山鉦床北部延長方向にあり、昔時その下部において採掘の行なわれた運上山鉦床の上部付近で、300m×320mの範囲にわたるものである(第4図)。

測線・測点および調査方法は下記のとおりである。

第1区域

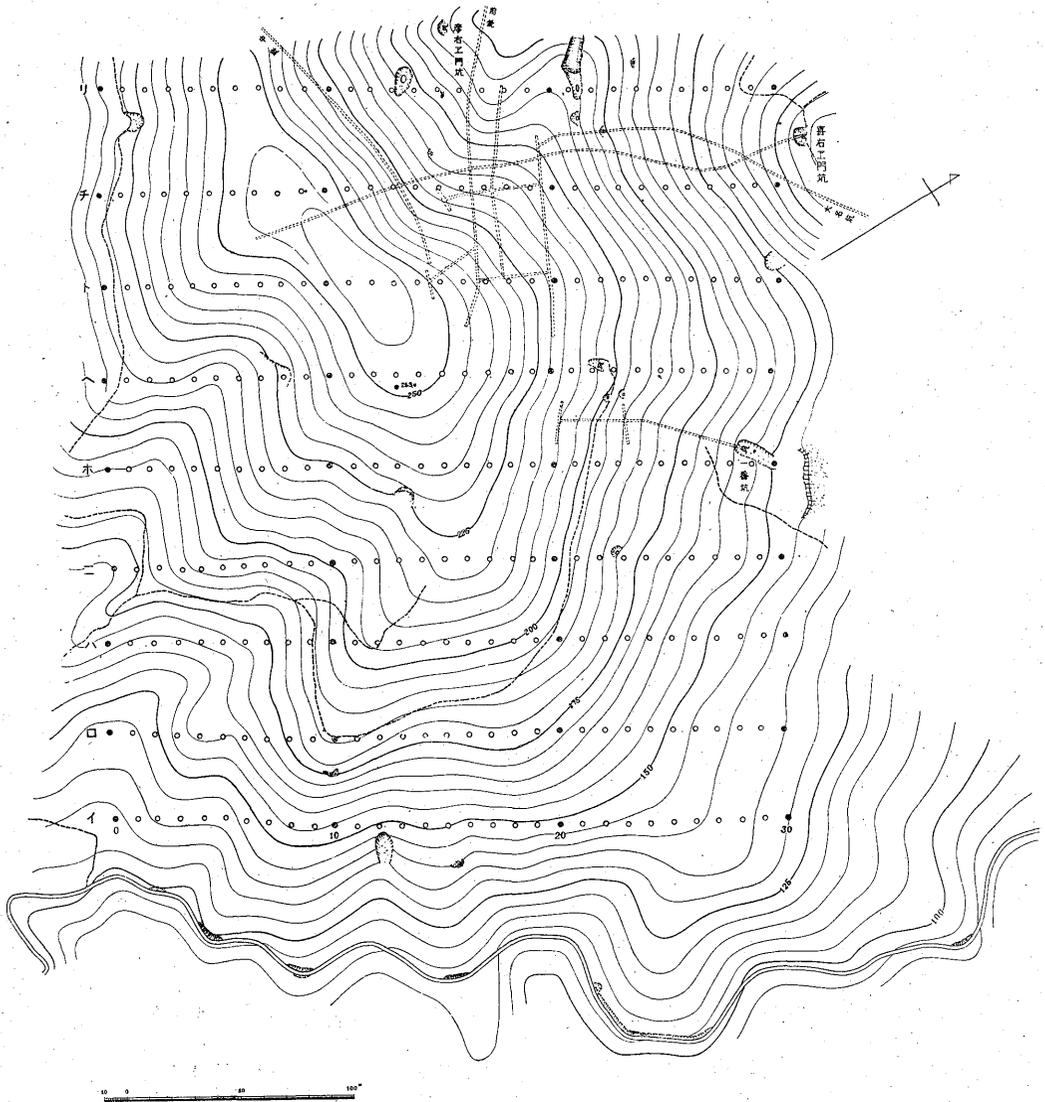
測線	500m	2本
測線間隔	40m	
測点間隔	10m	

物理探鉦(電気探鉦)

- (1) 比抵抗法(2極法) $a=10m, 20m, 40m$
- (2) 自然電位法

坑内測定(山神立入坑道内調査)

測線	430m
測点間隔	5m
物理探鉦(電気探鉦)	



第4図 籠地鉱山物理探鉱調査地形および測線図(第2地区)

(1) 比抵抗法(2極法) $a=5\text{ m}, 10\text{ m}$

(2) 自然電位法

放射能強度測定

第2区域

測線 300 m 9本

測線間隔 40 m

測点間隔 10 m

物理探鉱(電気探鉱)

(1) 比抵抗法(2極法) $a=5\text{ m}, 10\text{ m}, 20\text{ m}$

(2) 自然電位法

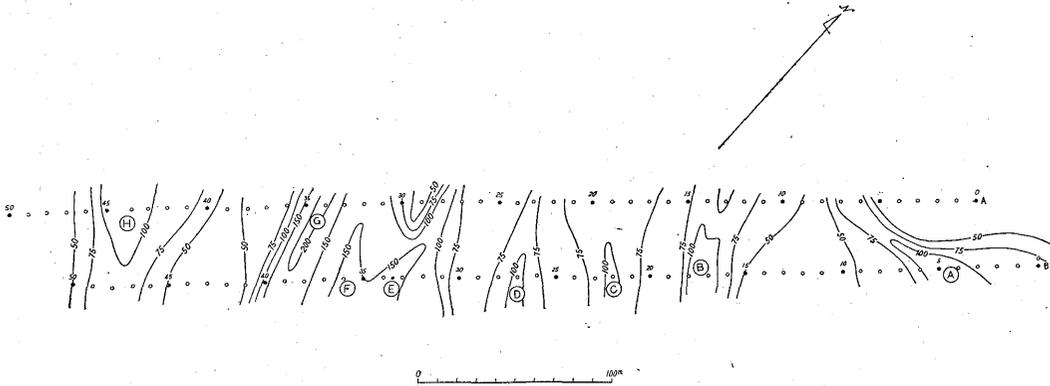
6. 調査結果

6.1 第1区域

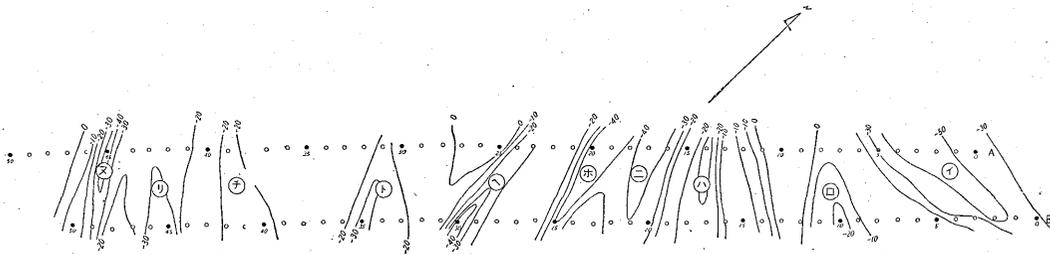
比抵抗法の結果を第5図に、自然電位法による結果を第6図に示した。比抵抗分布図は2極法による測定結果より算出した平均3極法 $a=10\text{ m}$ の場合を示したものである。また測線A, B, に沿う地形ならびに比抵抗・自然電位の曲線図を第7図, 第8図に示した。両図ともその下部に地表における鉱床露頭および変質帯ならびに採掘跡の確認されているものを記載した。

比抵抗法の結果は区域内に $50\sim 200\text{ k}\Omega\text{-cm}$ の高比抵抗部 A③B④D⑤E⑥G⑧ が分布し、その間に $30\sim 50\text{ k}\Omega\text{-cm}$ の比較的低抵抗部が分布している(第5図)。

また自然電位法の結果では、 $(-)\text{45 mV}\sim(+)\text{17 mV}$



第5図 比抵抗分布図 平均3極法 $a=10m$ (単位 $k\Omega\text{-cm}$)



第6図 自然電位分布図 (単位 mV)

の電位変化を示し、やや著しい電位降下の認められる箇所を①②③④⑤⑥⑦⑧の記号で表わした(第6図)。

山神立入坑道内調査の結果は、第9図に示したとおりである。

すなわち比抵抗法では、鉾脈ないし、珪化帯で高比抵抗部が認められる。

自然電位法では数箇所比較的まとまった電位降下が認められるが、全般的にみてその変化は複雑な様相を呈する。

放射能強度測定の結果は特に鉾脈ないしは鉾化帯と母岩との間に放射能強度の変化を明確には認め難く、ここには参考までに記載するに止めた。

6.2 第2区域

比抵抗法の結果を第10図に、自然電位法による結果を第11図に示した。比抵抗分布図は第1区域の場合と同様、2極法の結果から平均3極法 $a=10m$ の場合を算出して示したものである。

比抵抗法の結果では区域内に $20\sim 70k\Omega\text{-cm}$ の高比抵抗部と、 $20k\Omega\text{-cm}$ 以下の低比抵抗部が分布する。そのうちおもな高比抵抗部を①②③④⑤⑥⑦⑧の記号で示した(第10図)。

自然電位法の結果では $(-)\ 30mV\sim (+)\ 40mV$ の電

位分布が認められるが、そのうち特に電位降下の著しい箇所を①②③④⑤⑥の記号で表わした。また区域東部および南部付近には、正異常が認められた(第11図)。

7. 考 察

7.1 第1区域

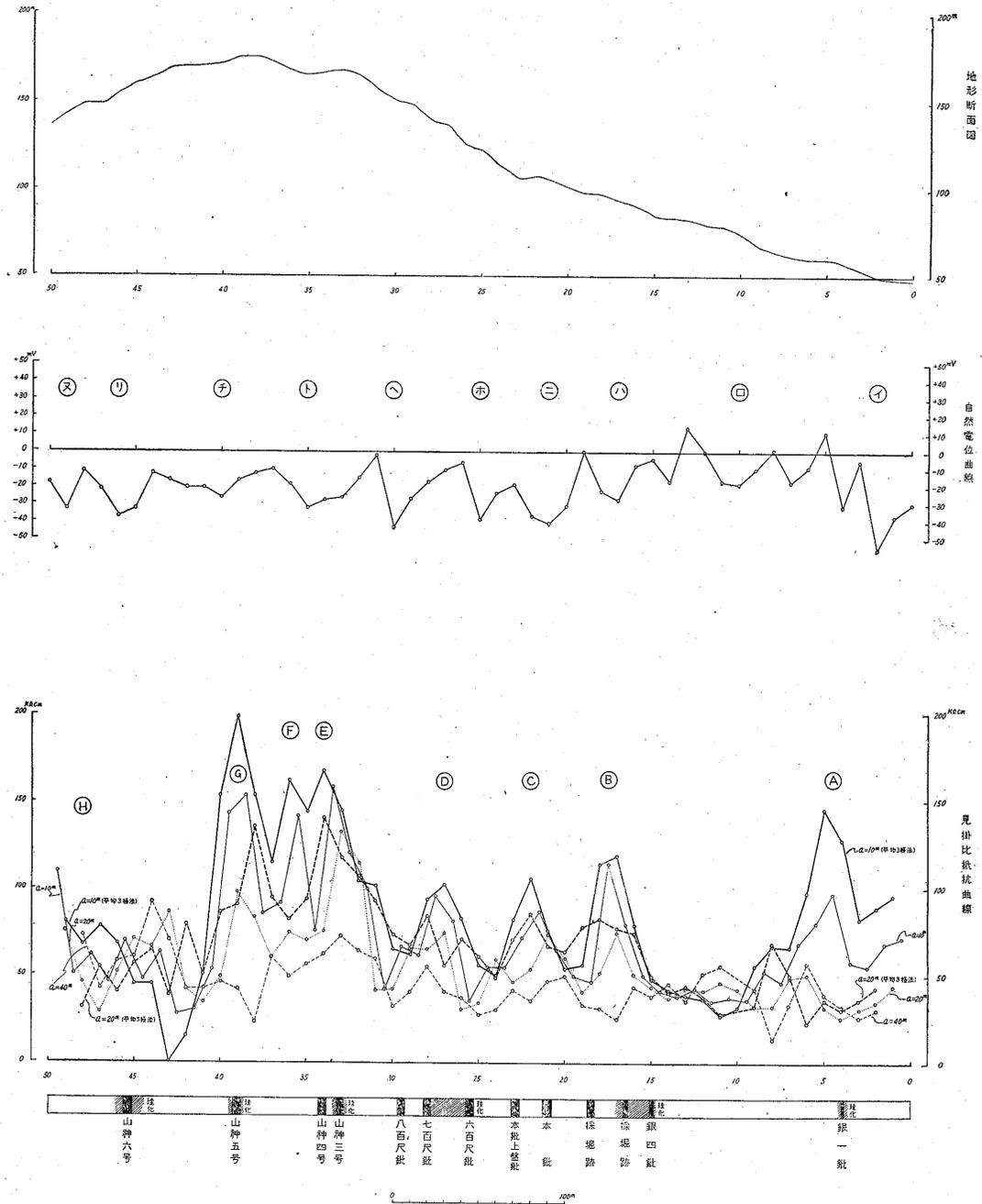
当該区域内は、おもに石英安山岩が分布し、鉾床はこれらを貫いた裂か充填鉾床で、銀一鍬をはじめ平行脈をなす10数本の鉾脈が認められている。

本鉾山の主脈ともいべき銀一鍬は、走向ほぼEW、傾斜 $20\sim 25^\circ S$ の緩傾斜をもっているが、その他の鉾脈は走向 $NW\sim N60^\circ W$ 、傾斜 $60\sim 90^\circ$ でNまたはSに傾斜し、互いに平行した状態で賦存している。個々の鉾脈に対する石英脈の優劣、ならびに母岩の変質状況に関しては、今次調査後行なわれた鉾床部による調査の結果から、鉾脈の周縁は珪化の発達していることが確認されている。

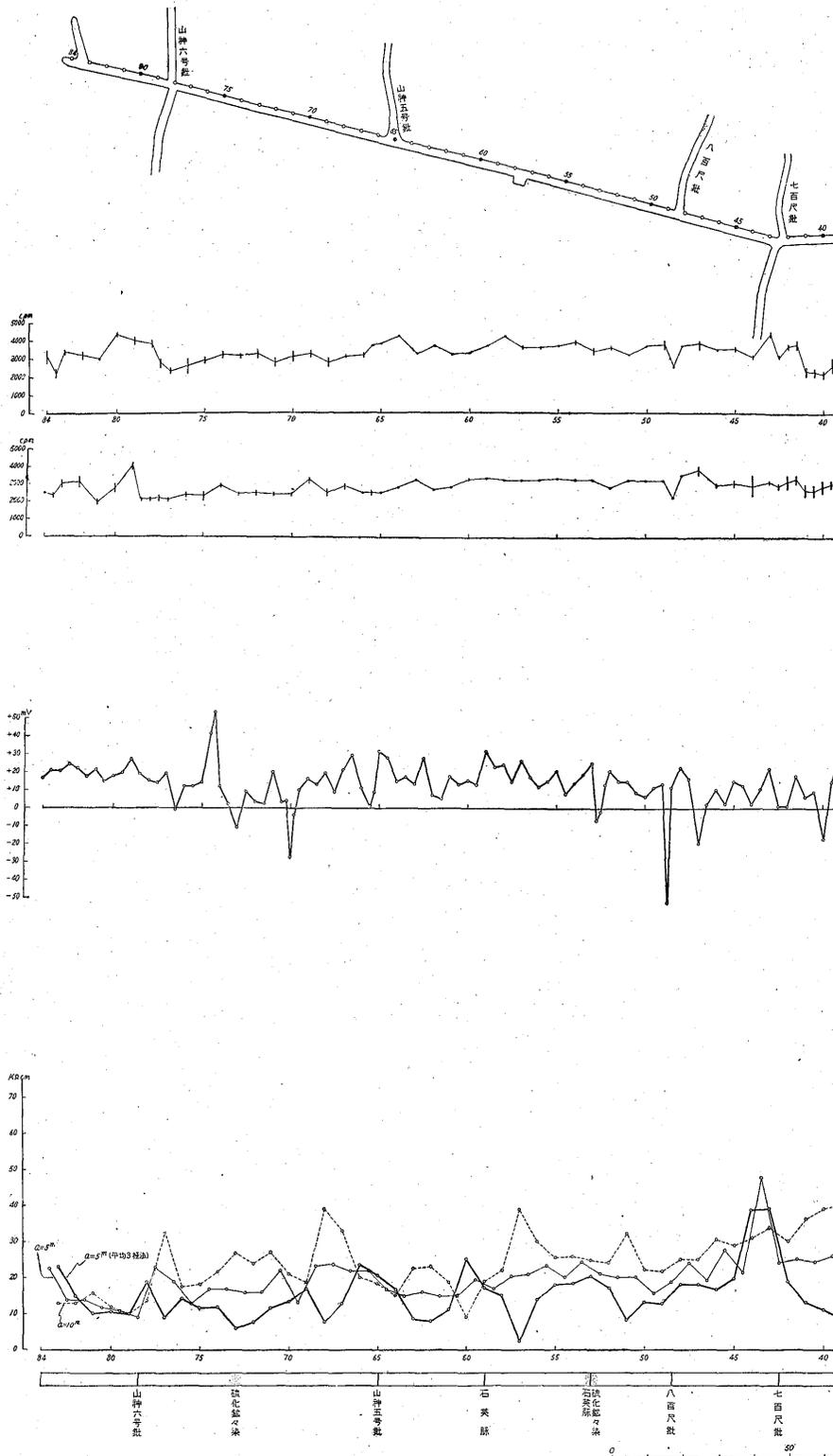
電気探鉾の結果、比抵抗法では鉾脈ないしは珪化帯と思われる①②③④⑤⑥⑦⑧の各高比抵抗異常部が認められた。

第5図によれば、このうち①はその異常部の延びの方向がほぼEWで、地形の等高線に沿って分布するが、こ

静岡県縄地鉾山における物理探査 (小林 創)

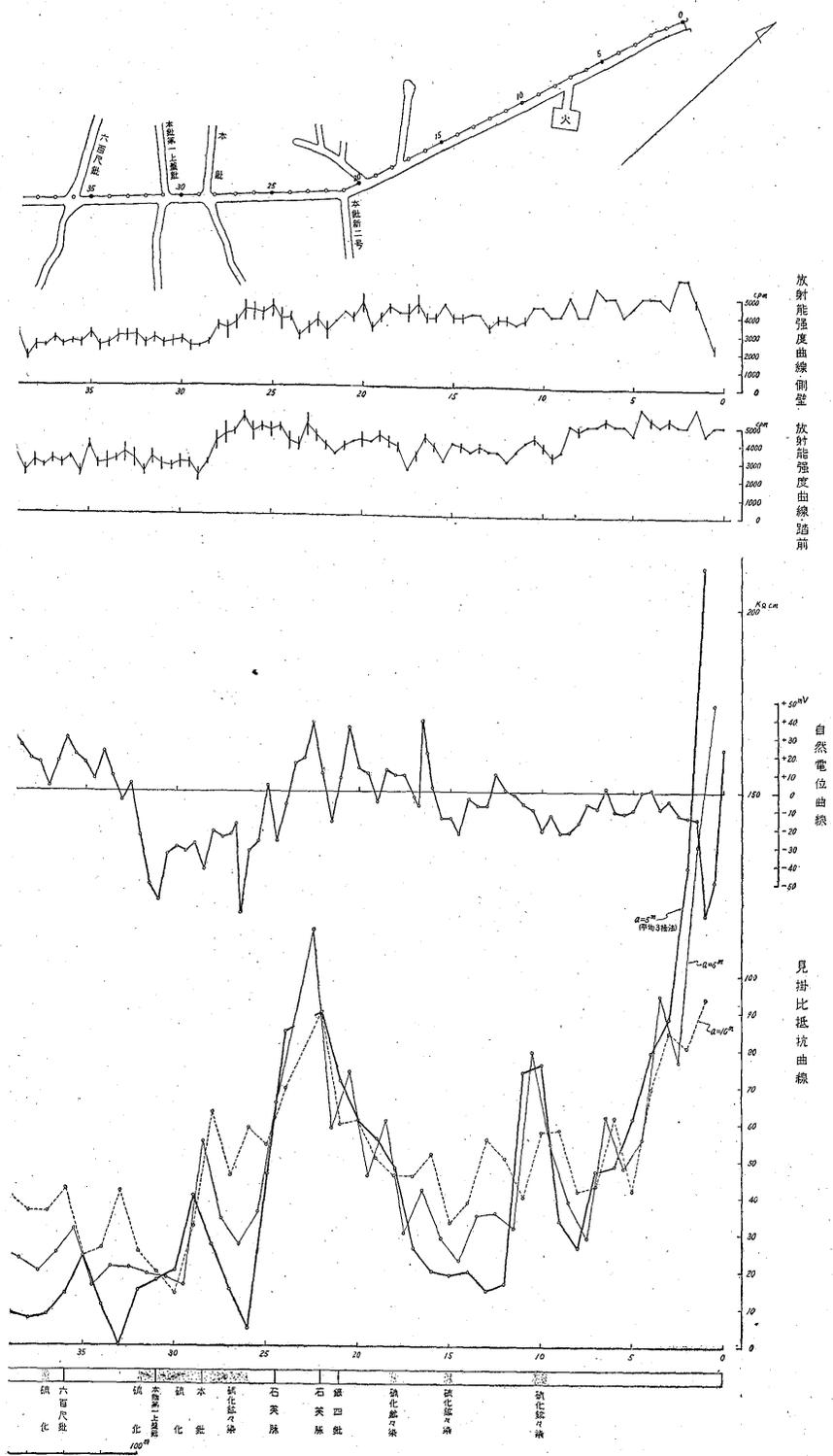


第8図 B-線比抵抗自然電位曲線図

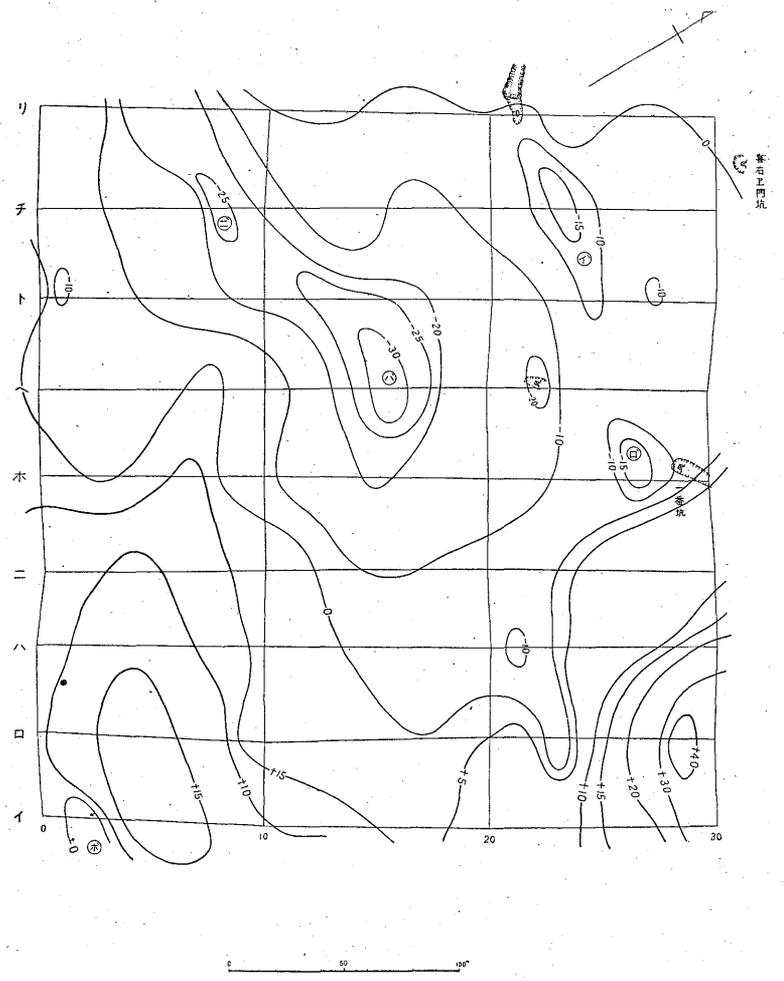


第9図 山神立入坑道坑内図および

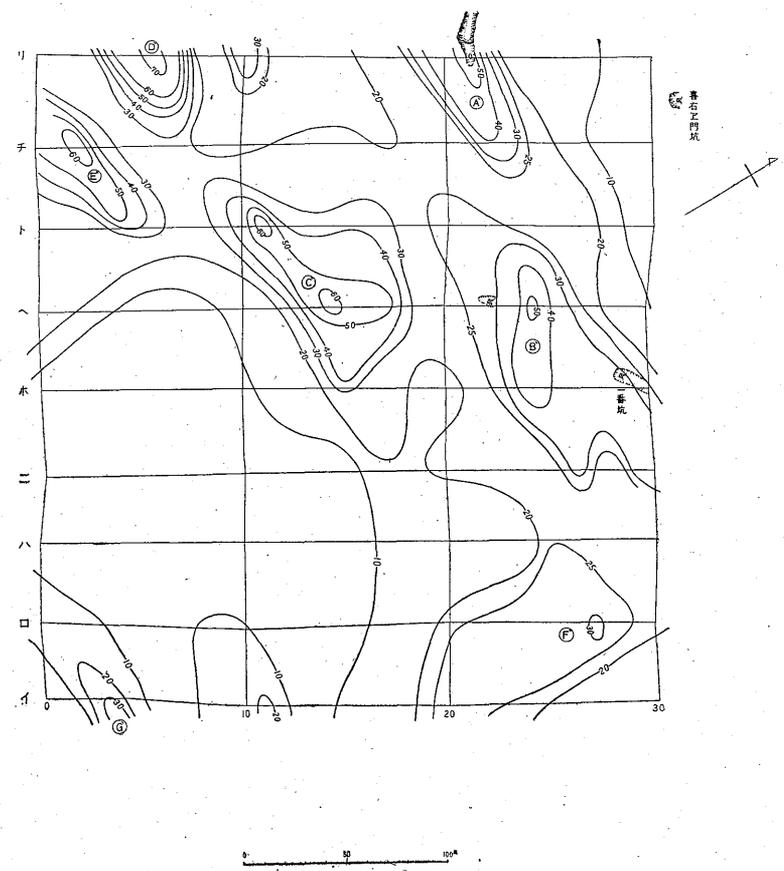
静岡県繩地鉾山における物理探査 (小林 創)



比抵抗・自然電位・放射能曲線図



第 11 图 自然電位分布图(第2地区)(单位 mV)



第 10 图 比抵抗分布图(第2地区)平均3極法 $a=10m$ (单位 kΩ-cm)

れはその下部に賦存する銀一鏡が走向 NS で緩傾斜のためみられる現象と思われる。つまり高比抵抗部はほぼ銀一鏡露頭部に沿って分布していると考えてよい。

このような観点にたつて④以外の異常についても同様な考察を加えることができる。

すなわち④以外の異常部は、一般的にその延びの方向がほぼ NW の方位を有している。この方位は当該鉦脈群の走向方向とほぼ一致する。このことは、下部鉦脈群が比較的地表付近において垂直に近い傾斜をなして分布することによると考えられる。

また第7,8図によれば、50 kΩ-cm 以上の高比抵抗部は、いずれも鉦脈ないしはその上盤側あるいは下盤側に発達する珪化帯の賦存する箇所に対応している。ただ、当鉦山では既知鉦床に関する資料が少なく、特に山神立入坑道地並より上部の既探掘坑道についてはほとんど資料がないので、上部における各鉦脈の推移は明らかでなく、また地表における露出も充分でないので各脈についての細かな検討は避けたい。

しかし高比抵抗部が、その下部鉦脈の露頭方向とほぼ一致して分布しているという考えは否定できない。

次に比較的、低抵抗値を示す部分、すなわち、

- (イ) 「B-10」～「B-15」から「A-8」～「A-9」にかけて、
- (ロ) 「B-41」～「B-45」から「A-38」～「A-40」にかけて、
- (ハ) 「B-50」以西から「A-46」以西にかけて

の 50 kΩ-cm 以下の部分は、母岩の石英安山岩の影響を多分に受けている所である。

つまり第1区域は全般的にみるならばすべていわゆる鉦化帯に属し、特に 75 kΩ-cm 以上の高比抵抗値を示す異常部は鉦脈ないしその上下盤の珪化帯が、電極間隔 $a=10$ m の間で、特に密集している場合とみるならば、前記低比抵抗部 (イ)(ロ)(ハ) はいずれもその間に鉦脈ないしは上下盤珪化帯を挟んでいても、その密度は他よりも小であり、したがって鉦脈ないしは珪化帯より抵抗値の低い母岩の要素が多くなっている現象とみてもよいであろう。

このような現象を解析していくうえから考えると、純然たる母岩、すなわち鉦床帯から充分離れた鉦化作用の行なわれていない箇所での岩石比抵抗について調査する必要がある。

自然電位法の結果 (第6図) 特に低電位のみみられる①②③④⑤⑥⑦⑧⑨の各負異常の分布が、前述比抵抗法の場合と同様、露頭方向と関係づけられる。すなわち低電位は露頭と一致するかまたはこれに沿ってその延びの方向に分布する。このような現象は、自然電位がその発生機構は明白でないが、鉦床の賦存と密接な関連があると思しうことを示している。特に④負異常部付近は

比抵抗法の結果からみると、50 kΩ-cm 以下の低抵抗値を示し、脈の分布密度の少ない箇所に対応するが、下部鉦押坑道の状態から推察して、④がその露頭部に当るものと考えられることができる。このような場合の探査では、自然電位法は、比抵抗法より有効とも思われる。⑤負異常についても同様な考察ができるが、いずれにせよ第1区域全域が、大きな意味で一つの鉦化帯に属し、鉦化帯から離れた周縁の状況が把握されていなかった点でこれ以上の検討ができないことは残念であった。

坑内における調査は、現段階では調査方法にも種々検討すべき問題を内蔵しているが、大略の傾向から地表結果との対比、ならびに坑内地質鉦床との対比を目的に行なったものである。

しかし坑道地並と地表との比高が意外に大きく、その間における地質鉦床の変化も著しい模様なので、前者については充分の対比を行なうことが困難であった。

坑内における地質鉦床との対比では (第9図)、おおむね所期の目的を達した。

すなわち比抵抗法では、石英脈ないし珪化帯で、20 kΩ-cm 以上の比較的高比抵抗の分布をみた。図中、「0」付近の高比抵抗部は、他に比較してきわめて高比抵抗値を示すが、これは坑口付近の地形的影響を充分考慮しなければならぬことである。いまきわめて概算的にこの点の補正を考慮してみても、なお高比抵抗の分布が認められるが、これは銀一鏡上盤側に発達した幅の広い珪化帯によるものであろう。自然電位法の結果は、複雑で、所々にまとまった電位降下が認められるが、地質鉦床との一般的な関係をみいだすことは難しい。

すなわち、「25~30」付近の電位降下は、他のものと比較してその幅も広く分布する。この付近は、本鏡を中心とし、平行脈の密集する箇所でも硫化鉦の鉦染も著しい。また、「10」、「15」を中心とする電位降下も付近に硫化鉦鉦染がみられている。しかし坑内各測点を仔細に観察すると、ほとんど全測点多少とも硫化鉦鉦染を見ることがのであって (図中、硫化ないし硫化鉦染と記してある箇所は、特に坑内において認められた箇所を記載してある)、これらの電位降下が硫化鉦の存在によるものと断定するのは難しい。またほかの電位降下も硫化鉦鉦染の多少とは、何ら関係もなく生じているように思われる。そして特に岩質の相違によって電位降下が認められているとも思われぬ。

いずれにせよ変化が複雑で規則性をみいだすことが難しい事実は、当坑内全部が鉦化帯に含まれているという前述の考え方の基礎となりうるであろう。

7.2 第2区域

第2区域の地質鉦床の状態が、第1区域のそれと相違

する点は、第1区域がほぼ均一な石英安山岩を母岩とし、鉍脈は優勢で、周縁母岩はかなり強度の珪化作用を受けているのに反して、第2区域は上部は角礫凝灰岩・砂岩の累層からなり、鉍脈は細脈化して網状となり母岩は多少の珪化作用は伴うが、強い変質作用は受けていない点である。もちろん下部石英安山岩中に入ると鉍況は変わる。

比抵抗法の結果(第10図)、 $20\text{ k}\Omega\text{-cm}$ の低比抵抗部、 $20\text{ k}\Omega\text{-cm}$ 以上、 $50\sim 70\text{ k}\Omega\text{-cm}$ の高比抵抗部の分布をみた。このうち $20\text{ k}\Omega\text{-cm}$ 以上の高比抵抗部では角礫凝灰岩・砂岩の多少珪化したものが多く認められており、 $20\text{ k}\Omega\text{-cm}$ 以下の低抵抗部では、安山岩(熔岩型か岩脈型)ないし凝灰質岩石の分布がみられる。

特にまとまって分布する高比抵抗部④⑤⑥⑦⑧のうち④では網状に発達した石英脈の露頭がみられている。

これら高比抵抗部のうち④と⑤は、それぞれ示徴の延びの方向に互いに分布し、一連の分布を示す。同様に⑥と⑦、⑧と⑨についてもそれぞれ一連した分布とみられる。

筆者は後に区域内下部の旧採掘坑道から、一番坑および大名坑の鑿押坑道を同一鉍床を採掘したものと仮定して露頭線を描いた結果、「リ-22」付近から「ホ-26」付近を通る線を得た(走向、ほぼ $N 70^{\circ}W$ 、傾斜、ほぼ $80^{\circ}S$ と仮定した)。

すなわち、露頭線は④⑤の示徴を結ぶ線と全く一致していることが判明した。

特に「リ-21, 22」付近には露頭部から追跡したと思われる旧採掘跡もあるので、④⑤が下部鉍床の露頭部を代表しているとの感を深めた。すなわち比抵抗値は第1区域のそれと比較して全般に小さい値を呈するが、鉍脈が劣勢で、周縁母岩の珪化度が弱いとはいえ、鉍床が網状に分布する場合、周縁母岩と比較して明らかに比抵抗値の相違は認められるし、また分布姿態からおよその延びの方向を知り得ることを示している。

同様に喜右エ門坑奥のEW方向の鑿押と、⑥⑦についてもその方向性が平行状態にあるので、一応考えられるが、喜右エ門坑上部または下部で同一鉍床を採掘したとみられる旧坑が他に認められないので、前述と同様な検討を行なうことは避けた。

しかし前述したとおり、④については網状に発達した石英脈の露頭が異常内に分布しているので、⑥⑦または④⑤が下部鉍床の露頭線とみることは困難でない。

⑥、⑦等の高比抵抗部のうち、⑥付近は、特に表土層厚く、(6m以上)中心付近では地質状態は確認できなかったが、その周縁付近では多少珪化した角礫凝灰岩な

いし砂岩の分布がみられる。

第12図ハ-線「20」付近、ロ-線「22」付近の2極法 $a=10\text{m}$ の場合、相方とも $20\sim 22\text{ k}\Omega\text{-cm}$ の値を示し、大きな変動はみられない。

これらは、この付近に分布する表土層を代表するものであろう。 $a=20\text{m}$ の場合、ハ-線「7」付近、ロ-線「15」付近の母岩とみられるものと比較すると、やや高い比抵抗値を示し、下部に鉍床の賦存する可能性も推察できる。

⑥ではかなり珪化された凝灰岩の分布をみた。

自然電位法の結果は、④⑤⑥⑦等の負異常部が認められているが、そのうち④と⑤と⑥はそれぞれ一連した分布を示し、前述の高比抵抗部④⑤、⑥⑦に相当する線上に分布する。④⑤⑥いずれも地表では、硫化鉍鉍染ないし焼けの現象が多くみられている。

このような負異常の起因が、硫化鉍鉍染によるものであると断定はできないが、比抵抗法の結果より、鉍床露頭部と推察される地点に負異常の分布をみることは、鉍化作用に関連の深い現象と考えてさしつかえない。

⑧については、詳細は明らかでないが、高比抵抗⑧の異常付近であるので、今後の検討にまちたい。

「ロ-29」を中心とする $+40\text{ mV}$ の正異常部付近は、表土層厚く、(トレンチにより6m以上確認)正異常はこの表土の厚いことと関連を有するものと考えられる。

この付近は高比抵抗部⑧の分布をみるが、④⑤と⑥⑦(または④⑤と⑥⑦)の延長線の交差する箇所、つまり露頭線の交差する鉍床学的に富鉍部の潜在も予想されるところであって、今後の探鉍を期待するものである。高比抵抗部⑧付近は低電位ではあるが、特に電位異常部としては認められていない。

8. 結 語

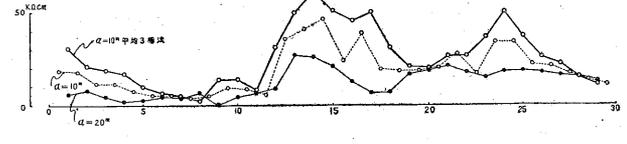
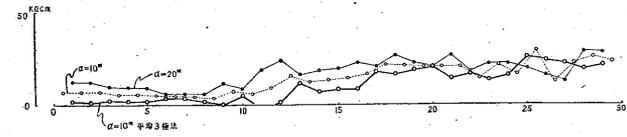
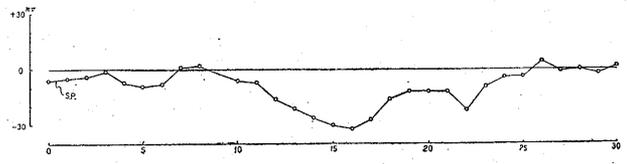
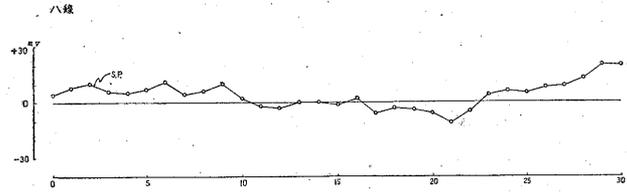
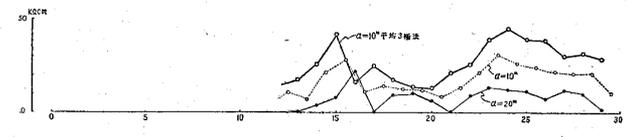
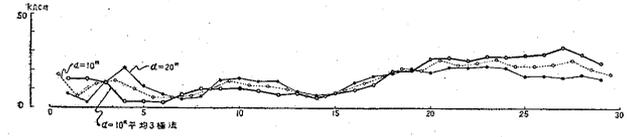
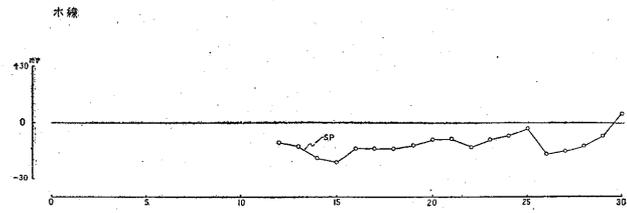
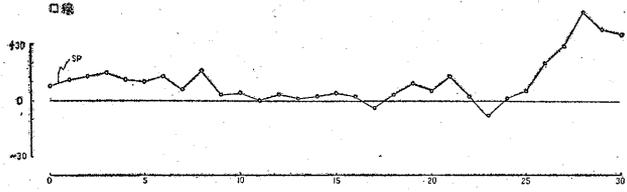
今次調査の結果：

第1区域 比抵抗法では鉍脈ないし鉍化帯で $100\sim 200\text{ k}\Omega\text{-cm}$ の高比抵抗値を示し、一連した分布姿態をもって分布する様相がみられた。

自然電位法では、鉍床ないし鉍化帯で顕著な負異常が認められた。坑内調査では自然電位分布と坑内岩石分布との間の対比について明白な結論をみいだすに至らなかったが、この種鉍床に対する適応の可能性は充分認められた。

第2区域 比抵抗法では網状に賦存する運上山鉍床上部で $40\sim 60\text{ k}\Omega\text{-cm}$ の比抵抗分布が認められた。これらは周縁母岩と比較して、高比抵抗値を示している。

自然電位法では、鉍床上部で顕著な負異常が認められた。これらの異常内では硫化鉍鉍染が多くみられる。負



0 50 100

第12図 比抵抗自然電位曲線図(第2地区)

異常の起因が硫化鉍鉍染に関連があると断定はできないが、この種鉍床に対して自然電位法の可探性は可能と思われる。

なお第1区域、第2区域を通じて共通した諸点は、
比抵抗法

(1) 鉍床ないし鉍化帯が周縁の母岩と比較して、高比抵抗値を示す。

(2) 高比抵抗異常部の延びの方向が、鉍床露頭線の方向とほぼ一致して分布する。

自然電位法

(1) 鉍床ないし鉍化帯で顕著な負異常を呈する。

(2) 負異常の分布姿態が鉍床露頭線の方向とほぼ一致して分布する。

であって電気探鉍法の適応性は充分認められる。

(昭和32年2月、昭和33年3月調査)

文 献

- 1) 野口 高: 金鉍脈の電気探鉍, 九大工学部探鉍学教室物探研報告, No. 1, 1949
- 2) 陶山淳治・小林創・高木慎一郎: 静岡県清越鉍山電気探鉍調査報告, 地質調査所月報, Vol. 10, No. 2, 1959