

岡山県大笹鉱山・阿部鉱山物理探鉱調査報告

小谷 良隆* 堀川 義夫* 本間 一郎* 柴藤 喜平*

Geophysical Explorations at Ozasa and Abe Mines, Okayama Prefecture

by

Yoshitaka Odani, Yoshio Horikawa, Ichirō Homma & Kihei Shibato

Abstract

The electrical and radioactive prospectings were carried out for uranium bearing copper veins of hydrothermal type. The deposits occurred in biotite granite which distributed in Chūgoku district.

At these veins, it was recognized that copper was immediately accompanied by uranium, and some outcrops were found. This was the reason why these mines were selected as the test fields of geophysical exploration for uranium in the metal deposit.

At the Ozasa mine, the surveys were carried out both in drifts and unexposed areas. At the Abe mine, due to shortage in times, the surveys were limited mainly to some drifts and two well electrical loggings.

Results obtained are as follows :

1. Ozasa mine

S. P. indications found at the mineralized zones were evident both in drifts and on the earth surface. However on the earth surface, their potential variations were rather scarce. According to the results, in drifts, there was not appeared any characteristic difference in the variation of S. P. between the secondary oxidized zone and primary sulphide zone.

Characteristic earth resistivity distributions were observed at the mineralized zones, namely in drifts, the mineralized zones showed lower resistivities than wall rocks, but in areal distribution, low resistivity zones corresponding to the deposits were accompanied by rather resistive zones at their side. According to earth resistivity surveys by horizontal and vertical methods, the apparent resistivity of biotite granite in this area might be about 100 $\kappa\Omega$ -cm.

In radioactive prospecting, high radioactives were found generally corresponding to mineralized zones in drifts. However, definite radioactivity variations were not found on the earth surface over deposits. Regarding such results, it was considered that there were the debris from many old drifts and were the local irregularity of soil thickness.

2. Abe mine

S. P. and radioactive indications generally corresponded to the mineralized zones. Earth resistivity survey was omitted.

In electrical well logging, resistivity curves showed resistive for granite and low resistivity for the mineralized zones. S. P. curves indicated unnoted results.

In conclusion, the applicability of electrical prospecting for uranium deposit of this type was appreciated. Radioactive prospecting on the earth surface could not come to a conclusion.

要 旨

ウラン鉱床のうち、金属鉱床と密接な関連性を有すると思われるものの探査には、電気探鉱によつて、間接的にその目的を達しうる可能性が考えられ、また鉱化作用が地表に及んでいれば、地表からの放射能探鉱も一応考えられる。これらの可能性を検討する目的をもつて、岡山県大笹鉱山および阿部鉱山（ともに黒雲母花崗岩中の

熱水性含ウラン銅鉱脈）の既知鉱床周辺について、電気探鉱および放射能探鉱を行なつた。たゞし、阿部鉱山については、坑内測定および試錐孔内の電気検層である。

調査の結果、坑内においては、鉱床付近で各方法とも示徴が認められ、また地表においても既知鉱床およびその鑿先と思われる位置に、電気探鉱による示徴が認められた。地表における放射能探鉱は、地表条件の制約等があつて、その適応性を充分検討するに至らなかつた。結

* 物理探査部

論として、この種の鉱床に対する電気探鉱は、その適応性が認められたほか、とくに花崗岩地帯の調査について技術的な参考資料も得られたが、地表の放射能探鉱については、さらに機会を設けて検討される必要がある。

1. 緒言

昭和33年2月、岡山県大笹鉱山の物理探鉱調査を行ない、併せて阿部鉱山の坑内測定および試錐孔内の電気検層を行なった。ここにその結果を報告する。

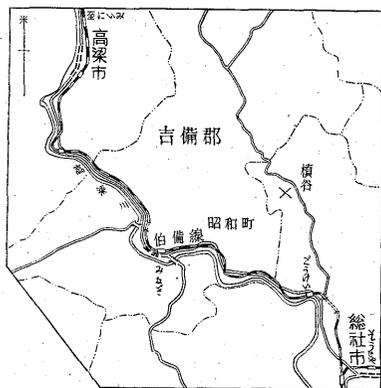
核原料物質に対する物理探鉱法として、放射能探鉱が一般に行なわれているが、それが金属鉱床に伴なわれ、鉱床と密接な関係を有する場合には、金属鉱床を探索することによって、核原料資源の探鉱をなしうる事が考えられる。本調査の対象とした両鉱山は、いずれも黒雲母花崗岩中に胚胎する熱水性の含ウラン銅鉱脈であつて、本所鉱床部による地質鉱床調査の結果、放射能鉱物が銅鉱床と密接な関係を有するものと推定されているので、この種の鉱床に対する電気探鉱の適応性、および地表における放射能探鉱の適応性を検討する目的をもつて、物理探鉱調査を実施した。

調査に際しては、筆者のうち、小谷・本間が電気探鉱を、堀川が放射能探鉱および阿部鉱山における各測定をそれぞれ担当し、柴藤は、大笹鉱山における坑内測定の指導にあつた。なお、調査に伴なう地形および一部の坑内測量は、技術部の小張孝・宮沢芳紀が担当した。

本調査の実施について便宜を与えられた、岡山県水産商工部、総社市役所その他の関係各位に衷心より謝意を表す。

2. 位置および交通

大笹鉱山は、岡山県総社市槇谷にあり、伯備線豪溪駅の北方約5kmにあたる。豪溪駅から岡山発神原行バスを利用すれば約15分で槇谷部落に達し、これより西方



第1図 調査位置図

へ約1km、徒歩約30分で、本調査区域に至る。岡山市からバスを利用すれば槇谷まで約1.5時間である。

阿部鉱山は、岡山県高梁市井谷にあり、高梁駅の西方約4km、成羽行バスで約10分で井谷橋に至る。鉱山までは徒歩約5分である(地形図20万分の1高梁、5万分の1高梁)。

3. 地形・地質および鉱床

総合的な記述は、島津忠夫・小尾五明の地質鉱床調査報告においてなされるので、本調査に関係のある部分について述べる。

調査区域内の地形は、第2図のように、標高240~320mで、区域の北西部を除いては一般に緩やかな起伏をなしている。北東ないし北へ流れる3本の沢を含み、このうち東部のものが最も開けている。

地表は、花崗岩の風化した砂に覆われている部分が多く、数10cm以内で風化層を経て岩盤に達するが、露岩となつている所や、一方砂防工事によつて砂が2m以上堆積している所があり、また多数の旧坑や露天掘跡があつて、それぞれ坑口附近には研山が残されている。

鉱床は、3~4本の鉱脈からなり、個々の鉱脈の走向は区々であるが、全体の傾向としてはNWW~SEE方向に配列する平行脈である。各鉱脈は、走向延長よりもむしろ上下に、垂直に近い傾斜をもつて連続しており、平面的にみればレンズ状あるいは筒状を呈する。鉱化作用は地表に達しているが、酸化帯の発達が著しく、調査区域内の1坑、2坑、3坑では硫化鉱物はほとんど認められず、孔雀石等になつている。鉱体周辺の変質作用は、著しくないが、下部の初生硫化帯では緑泥石化および若干の珪化作用を伴なつている。

阿部鉱山も同種の鉱床であるが、測定を行なつた天神橋坑では酸化帯は発達しておらず、変質作用としては珪化作用および緑泥石化作用がやや著しい。

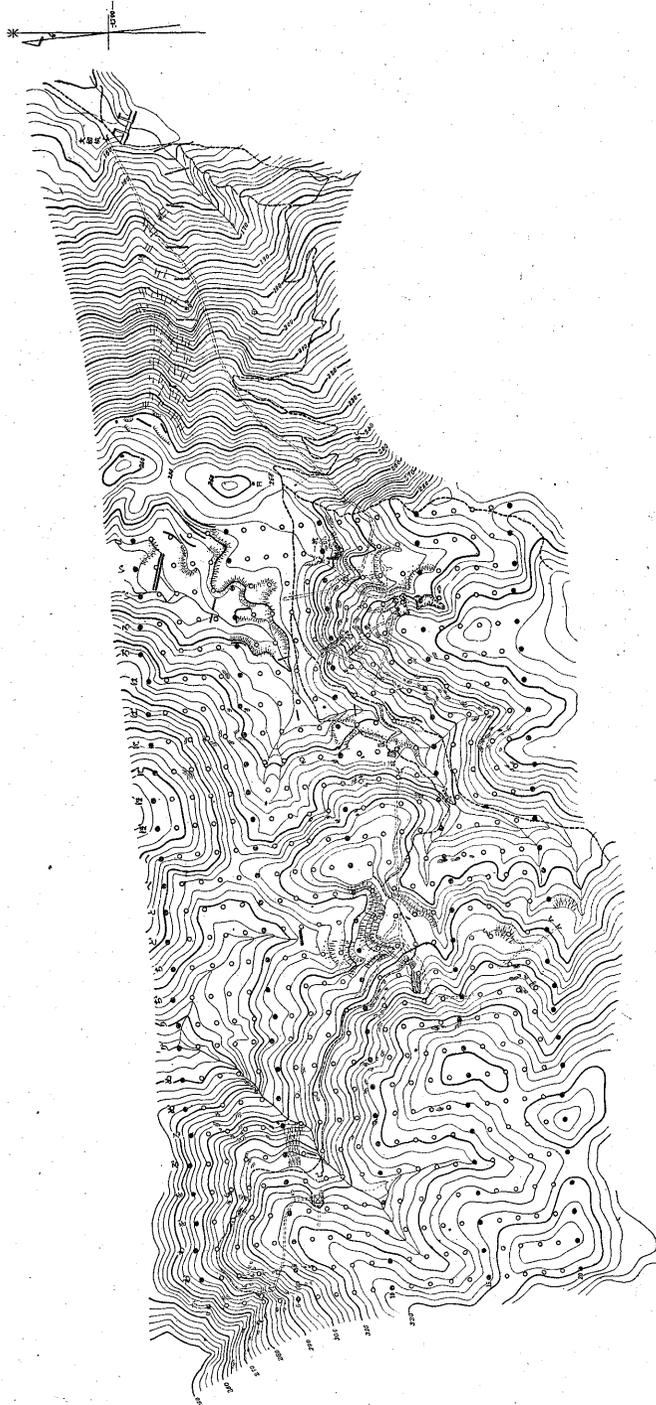
4. 調査区域および方法

4.1 大笹鉱山

大笹鉱山においては、坑内測定と地表調査とを行なつた。

坑内測定は、1坑、2坑、3坑、「5-20」の旧坑および大切坑上1段、上2段において1m、2mあるいは4mごとに、側壁について自然電位、放射能強度の分布を測定し、また2坑坑口から北押引立の間では、電極間隔2m、4m、8mで、2極法により2mごとに比抵抗分布を測定した。

地表調査は第2図のように、1坑、2坑、3坑を含む東西約400mの間に、15m間隔で各200mの測線28本



第2図 大笹鉱山物理探鉱調査地形および測線配置図

を配し、各測線上に10mごとに測点を設けて、自然電位、比抵抗および放射能強度を測定した。測線の名称は、東から「a, い, い', ろ……か」とし、測点の番号は北から「0, 1, 2……20」とした。

自然電位および放射能強度の測定は各測点に深さ数10cmの穴を掘り、その底および地表の双方について行ない自然電位分布の示徴部数カ所では岩盤までトレンチングを行なつて、自然電位および放射能強度を測定した。

比抵抗の測定では、電極間隔10m, 20mおよび40mの2極法による水平探査のほか、「ほ-10」, 「へ-3」, 「へ-10」, 「ち'-8」, 「り-4」, 「り'-15」の各点で測線を利用して、2極法による電極間隔50mまでの垂直探査を試みた。「へ-10」では基線を利用して東西方向の電極展開についても測定した。電極の移動は電極間隔20mまでは2m, それ以上50mまでは4mとした。

測定機器は、電気探鉱には地質調査所型電気探鉱器を使用し、放射能探鉱にはアメリカP.R.I.社製Royal Scintillatorを使用した。放射能探鉱の際の特定数は5秒、較正は適時に行なつた。

4.2 阿部鉱山

天神橋1坑および2坑坑内において自然電位および放射能強度の分布を測定したほか、2坑上部の地表で自然電位を、また2坑の鑛先探鉱のために坑外から掘鑿された試錐孔内で、自然電位および比抵抗をそれぞれ測定した。

坑内の各測定は、1mごとに鉱脈に沿つて行なつたが、1坑の放射能強度測定は坑内の一部のみである。

地表における自然電位測定は、2坑坑口の北西方約14m, および29mの位置に坑道と直交する各30mの測線「い, ろ」を設け、北をNo.0として2mごとに測定を行なつた。

試錐孔は河内英幸・後藤進の掘鑿による1号孔および2号孔であつて、

深度は前者が19.7 m, 後者が32 m, 孔径はいずれも47 mmである。電気検層は, 孔口から数mの間および孔底附近は50 cmごとに, その他の部分は25 cmごとに測定した。比抵抗測定の電極間隔は, 25 cm, 50 cmの2種類である。使用した測定機器は, 大笹鉦山の場合と同様である。

なお, 放射能については, 両孔とも原子燃料公社所有のSU-P4W型放射能検層器により河内・後藤が測定した。時定数は15秒, 自然計数は毎分110~120countである。

5. 調査測定結果および考察

5.1 大笹鉦山

坑内測定 (第3, 4図参照)

第3図に2坑坑内の自然電位, 比抵抗 (平均3極法に換算) および放射能強度の分布を曲線として示し, 参考として, 坑内地質および坑道を通る地表調査の, 最寄り測点における各測定値を, それぞれほど該当する位置について記入した。

各曲線を, 坑内地質と対照してみると, 鉦化作用との関連性が最も顕著なものは, 比抵抗曲線であつて, 鉦化作用の認められる箇所では, ほとんど例外なしに比抵抗曲線の下降がみられる。花崗岩の見掛け比抵抗は, 約100 k Ω -cm前後と思われる。2種類の電極間隔によるそれぞれの曲線は, 坑口附近を除けば, 著しい相違はない。坑口附近は, 坑道の下が採掘跡の空洞で水が充滿しており, これが比抵抗分布に反映していることが考えられる。空洞の規模は不明で, 水のpHは約6.8 (箱比色計による)である。

60 m附近の高比抵抗部は, 鉦化作用に直接の関連を有するものとは思われないが, この附近には多くの節理が発達しており, 母岩中の岩質あるいは構造的な特殊条

件にあるのかもしれない。他の坑道においても, 母岩中にきわめて堅硬な, 高比抵抗を思わせる箇所が見受けられた。

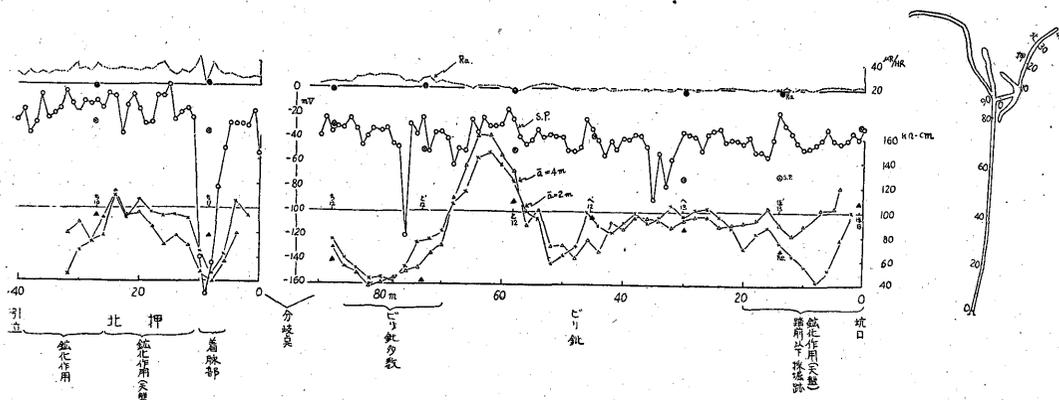
自然電位曲線は, 比抵抗曲線に比較して, 鉦化作用との関連性が顕著でない。その理由としては, 完全な立入坑道でなく, 露頭から開坑された鉦押的な坑道であること, 鉦脈が天盤を通っている所が多いのに対し, 曲線は側壁の測定値を用いていること, およびピリ鉦が坑道を横断している場合でも, 測点間隔に比較して鉦化帯が狭いこと等が考えられる。しかしながら, 北押10 m附近の着脈部では, 顕著な電位降下が認められ, またピリ鉦でも測点と一致すれば75 m附近のように, きわめて鋭い電位降下を示しているのので, 鉦化作用と自然電位との間に関連性のあることは明らかである。

放射能強度曲線は, 北押および75~85 mの間で一般に高い値を示しているほか, 55 m附近でもやゝ高く, 放射能鉦物の分布が, 鉦化作用と関連を有することがうかがわれる。坑口附近の鉦化帯で, 対応が明らかでないのは, この部分の鉦脈がすでにほとんど採掘済みであり, 現在みられるのは, 稼行に堪えぬ末端部であること, および坑口に近く外気の影響を蒙りやすいこと等が考えられる。

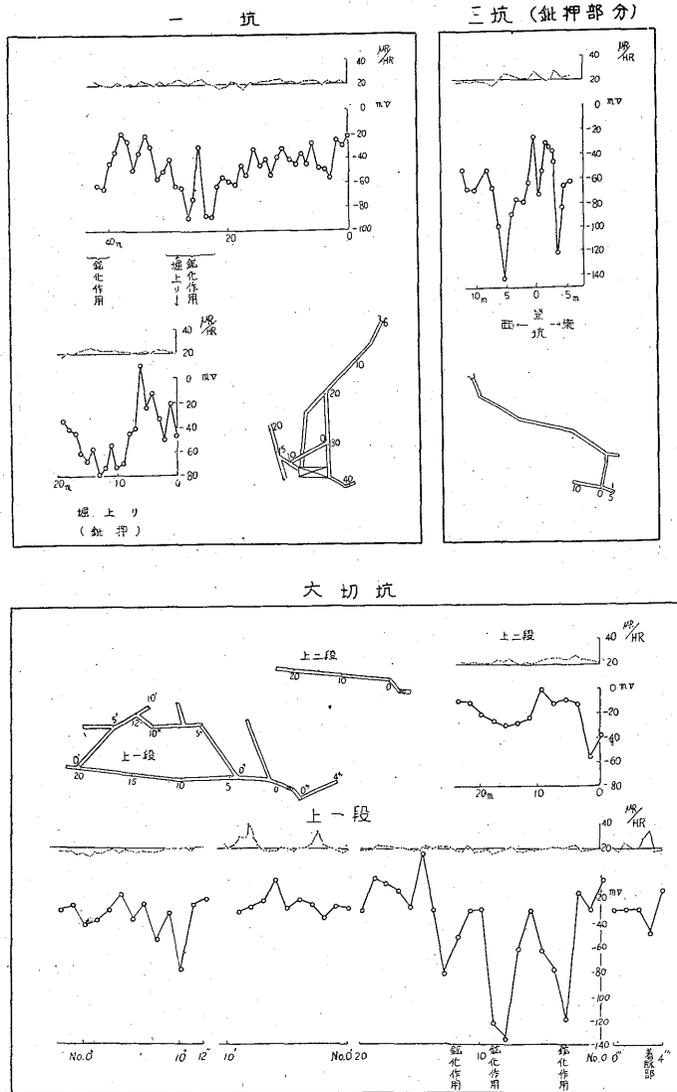
2坑では, 図に示すほか, 北押の着脈点から東および西向の鉦押坑道内でも, 自然電位および放射能強度の測定を行なつたが, 結果的には北押における変化と類似しており, 短区間でもあるので図示を省略する。

附記した地表の測定値は, 測点数が少なく, また概略の位置であるが, 電気探鉦については坑内測定の結果と比較的よく対応している。これに対して, 放射能強度は坑内でみられる変化が, 地表では明らかでなく, 地表からの探査に効果の期待し難いことを思わせる。

第4図は1坑, 3坑および1坑の下部にあたる大切坑上1段, 上2段における自然電位および放射能強度の坑



第3図 自然電位・比抵抗ならびに放射能強度曲線図 (2坑)



第4図 自然電位ならびに放射能強度曲線図

内測定結果である。

各坑とも自然電位と鉱化作用との関連性は明らかに認められる。酸化帯に属する1坑に対し、大切坑上2段は1坑地並の下部約61m, 上1段はさらにその直下約18mにあつて、いずれも下部の初生硫化帯にあたると思われるが、自然電位分布には、上部と下部との間でとくに異なつた傾向はみられない。

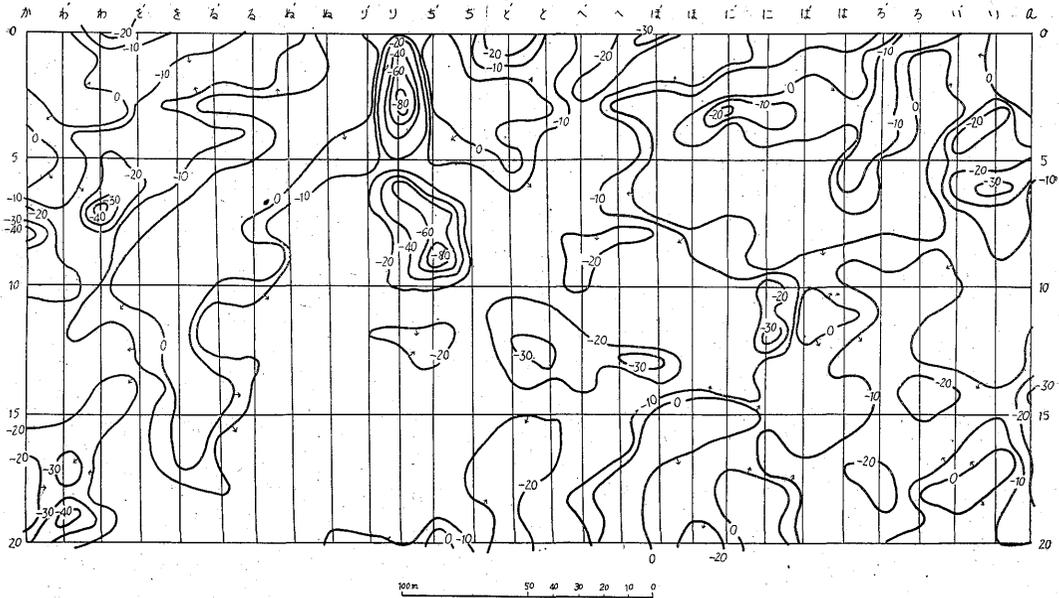
上1段の No. 5'~10' 間にみられる電位降下については、原因が明らかでないが、0'~1'の坑道における鉱脈が、この附近に分岐しているのかも知れない。放射能強度は、大切坑上1段 No. 0~20の間を除いては、鉱化作用の存在と対応して高い値を示しており、前記2坑におけると同様、両者間に関連性のあることが認められる。

上1段 No. 0~20の間は、比較的水が多く、放射能鉱物が溶解し易い状態にあることが考えられる。

地表調査 (第5~8図参照)

地表における放射能探鉱は、前述の通り全測点にピットを掘り、岩盤上を原則として測定を行なつたが、研山中に20~25 $\mu\text{R}/\text{HR}$ を示す箇所があるほかは、一帯に10~20 $\mu\text{R}/\text{HR}$ の値が分布して、まとまつた傾向が認められず、また既知鉱床上部で、精査を行なつても鉱床との関連が不明瞭であつて、分布図を作成するに至らなかつた。したがつて、電気探鉱の結果のみを附図として示す。

第5図は自然電位分布であり、第6図および第7図は水平探査による比抵抗分布である。



第5図 自然電位分布図 (単位 mV)

自然電位分布については、放射能探鉱用に掘った前記のピットを利用して、表土上とピットの底との双方について測定を行なったが、結果的には表土の厚さに著しい変動があつて、ピットをさらに掘下げても岩盤に達しない箇所があり、表土を除いた状態で、自然電位分布を測定しようとした意図は達せられなかつた。しかしながら、全体の分布傾向および個々の測定値は、表土上の結果とピット内での結果とが類似しており、数測点の例外を除いて、両者が一致あるいは多少の差を示す程度であるので、各測点における平均値を用いて分布図を作成した。

比抵抗法の測定結果は、平均3極法に換算し、電極間隔10m および20m の分布図とした。

本区域における自然電位は、±約100 mV 以下、主として数10 mV 未満の変化であり、比抵抗は数10~約200 kΩ-cm の範囲であつて、地質が比較的単純であるにもかかわらず、いずれもやゝ複雑な分布を示しているが、沢あるいは低地に自然電位の高電位が分布する傾向がみられるほかは、地形の高低による影響は著しくなく、むしろ礫や露岩等の地表条件が、鉍化作用以外の要素をなしているものと考えられる。

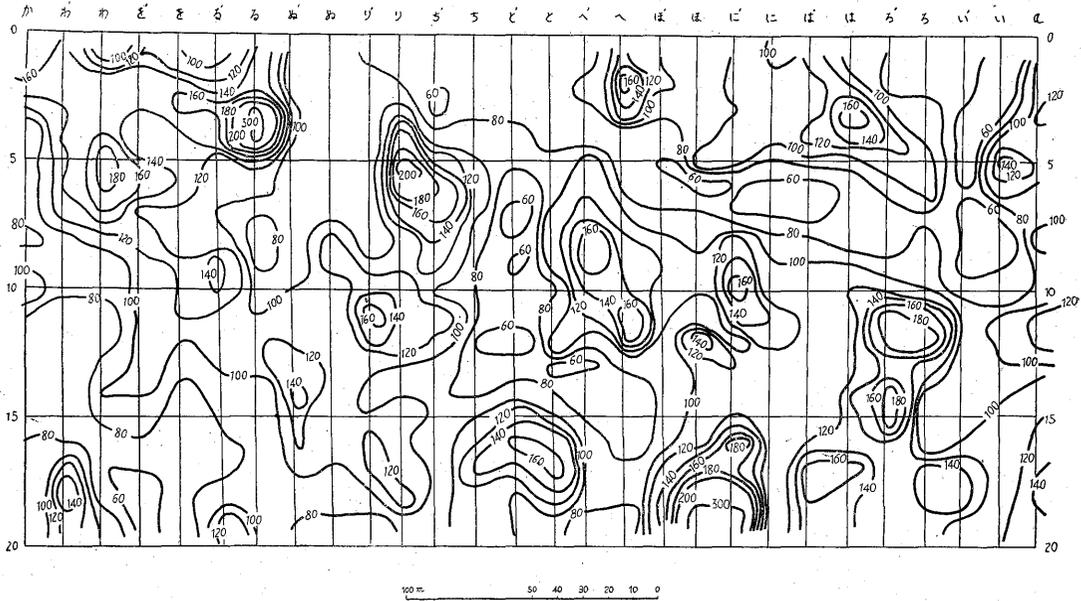
既知鉍床上における自然電位分布は、2坑については「ほ'~と'」および「ち'~り'」のそれぞれ No. 12, 13 附近に、3坑については「を, わ-12~13」附近に、また1坑は「ろ-14~15」の露天掘跡附近に、いずれも明瞭な低電位帯が認められる。たゞ1坑東部、「い'-13」2坑北押の着脈部、「ち, ち'-11」3坑錫押東部（「を, を'-7」）のような箇所の上では、顕著な電位降下が認めら

れないのは、これらの地表に、露天掘による流土や、研が分布しているためと思われる。

鉍化作用と比抵抗との関連性は、2坑坑内の測定によつて、鉍化帯が低比抵抗を示す傾向が認められており、地表調査でも、鉍床附近にはいずれも比較的比抵抗帯が分布している。しかし地表調査の結果から注目すべきことは、鉍床附近にはまた高比抵抗帯があり、鉍脈は高低両比抵抗帯の境界附近に存在する傾向がみられることであつて、礫山に覆われた1坑においても、露天掘の下部にあたる西部の網状脈は、高比抵抗帯との境界部にあたる。かゝる傾向からすれば、2坑坑内の高比抵抗帯も鉍化作用となんらかの関連性を有するものと解すべきであらう。

鉍床附近における、以上のような観察に基づいて、測定結果を総合的に検討すれば、次の通りである。

未知区域における(-) 20 mV 以下の自然電位示微部のうち、区域の周縁部にあつて分布状態の明らかでないもの(例えば「ほ-20」、「わ, わ, か-南部」、「か-7~10」、「を', わ-0」、「と'-北部」の各附近)、および礫山、露岩等の地表条件を考慮すべきもの(例えば「a, い, い'-5」、「に, に'-3」、「に-11」、「と, と', ち-18」の各附近)を除いた残余の箇所は、多少とも鉍化作用との関連性があるものと思われる。これに該当する示微部のうち、既知鉍床上部のものを除いて列挙すれば、「ろ'-北部」、「ろ'-18」、「ほ', へ'-北部」、「へ, へ'-8」、「り-0~5」、および「ち', り-5~10」の各附近である。また「a-15」附近も、周縁部ではあるが、この北東方にある



第6図 比抵抗分布図 平均3極法 $\alpha=10\text{ m}$ (単位 $\text{k}\Omega\text{-cm}$)

旧坑との関連を考えた。区域中最も顕著な低電位帯である「ち、り」線の示徴は、その南部、すなわち「ち-10」と「り-10」の中間附近が、2坑北押の先端にあつており、地形的にも低所であることから、鉦化作用を反映している可能性が最も強い箇所である。

これに比較すれば、その他の箇所は、いずれも示徴度が小さく、かつ規模も区域内においては大きいとは考えられないが、「a-15」の北東方には前述のように旧坑があり、また「へ」線の北部には往時旧坑があつたなどの事実から、今後の探鉦に際して、これらの示徴箇所をも、一応考慮されることが望ましい。

調査に附随して試みた、比抵抗法垂直探査の測点および測定結果を第8図に示す。測点の選定は、地形および地表条件を考慮して行ない、電極の配列は通例の4極法でなく2極法を用いた。

深度比抵抗曲線は、各測点とも約 $100\text{ k}\Omega\text{-cm}$ 前後の値で安定しており、2坑坑内の測定結果を考慮すれば、これが本地域における花崗岩の見掛け比抵抗値と解される。

各曲線中、例えば「へ-3」、「り-4」等は「ほ-10」、「へ-10」等に比較し、上部にやや厚い高比抵抗部がみられるが、水平探査による比抵抗分布図と対照してみると、これは、電極を展開する測線の、地表附近の比抵抗分布が影響を及ぼしていることが考えられ、必ずしも、測点下の比抵抗分布の本質的な相違によるものではないと思われる。

5.2 阿部鉦山

坑内測定 (第9図参照)

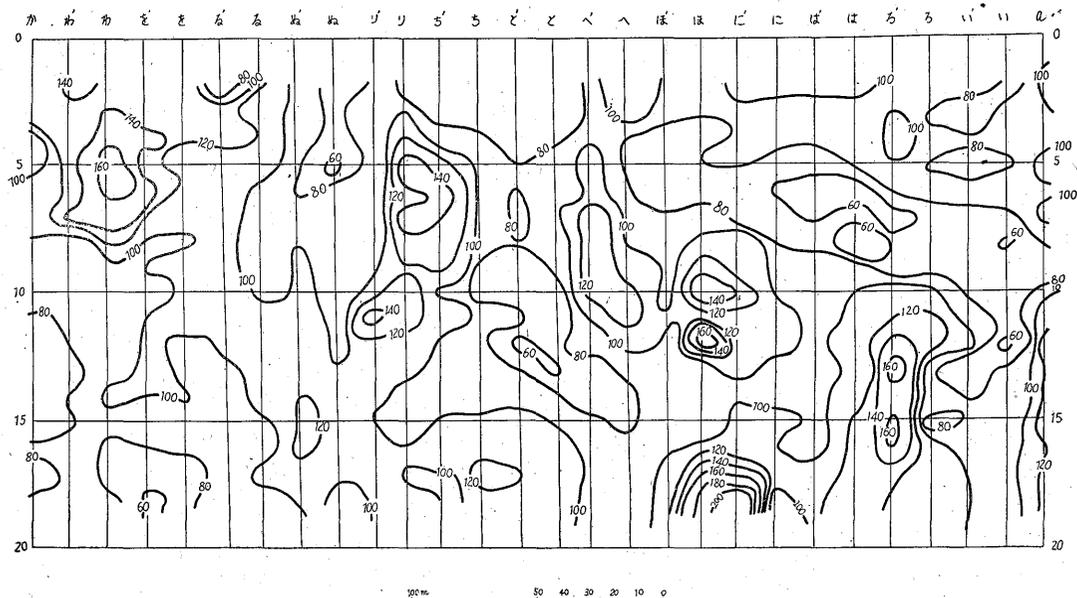
第9図に天神橋1坑および2坑における自然電位、および放射能強度の測定結果を示し、坑内地質の概略を附記した。測点は、いずれも原則として、天盤の鉦脈上に設けた。

両坑とも、鑿押坑道に属するもので、多数の鉦脈がみられ、とくに2坑は、天盤に一貫して鉦脈が連続している。

1坑においては、坑口から 40 m 、および 50 m の附近がとくに低電位を示すほか、 80 m 前後にある珪化帯にも、やや電位降下がみられる。岩石の相違あるいは変質作用と、自然電位分布との関連性はあまり顕著でなく、また鉦脈でも変質作用を伴っている箇所では、自然電位分布との関連が不明瞭である。

放射能強度の測定は、時間的な制約により、自然電位降下の最も顕著な 40 m 附近のみについて行なつた。測定値としては、 $30\ \mu\text{R}/\text{HR}$ 前後で、大笹鉦山の示徴部と同程度を示しているが、自然計数が大笹鉦山よりも大きいので、放射能強度が、この箇所ととくに大きいとは考え難い。

次に、2坑においては、前記の通り、天盤に鉦脈が連続しているので、鉦脈上を測定したことになる。自然電位の示徴度は、脈勢の強弱とほぼ対応するものと考えられ、放射能強度も、これに対応して、 $5\sim 10\text{ m}$ 附近および 28 m 附近でそれぞれ増大している。変質作用と自然電位との関連性は、1坑同様に不明瞭である。



第7図 比抵抗分布図 平均3極法 $a=20\text{ m}$ (単位 $\text{k}\Omega\text{-cm}$)

地表測定では、坑道上部を含んで約(-) 30 mV の低電位帯が認められたが、測線が短く、鉱化作用との関連性を充分明らかにするには至らなかった。

電気検層 (第10, 11 図参照)

第10 図は、1号孔、また第11 図は2号孔の電気検層結果と地質柱状図であつて、それぞれ本調査に先立つて測定された放射能検層の結果を附記し、対照に便ならしめた。

両孔とも、比抵抗曲線には、顕著な変化がみられ、新鮮な花崗岩の部分に高比抵抗が、その他の部分に低比抵抗がそれぞれ認められる。花崗岩の部分、例えば1号孔の下部、2号孔の上部で、比抵抗曲線が著しい変動を示している原因は、明らかでないが、一応岩質の不均一性、すなわち、新鮮な花崗岩は、著しい高比抵抗を、また変質花崗岩および破碎帯等は、比較的比抵抗を示しているものと考えたい。

自然電位分布は、1号孔の方が全般的にやゝ低電位を示しているが、いずれも明瞭な変化を示さず、岩質あるいは鉱化作用との関連は認められない。

1号孔における放射能強度の分布は、深度5mおよび10m 附近の緑色変質岩ならびに粘土化帯が最大であつて、花崗岩についてみれば、最上部および中央部のものに比較して下部のものは低い値を示している。2号孔は、特徴的な傾向を示していない。

6. 結 論

1) 物理探鉱の適応性について

電気探鉱は、次の諸点に留意すれば、充分この種鉱床の探査に利用できるものと考えられる。

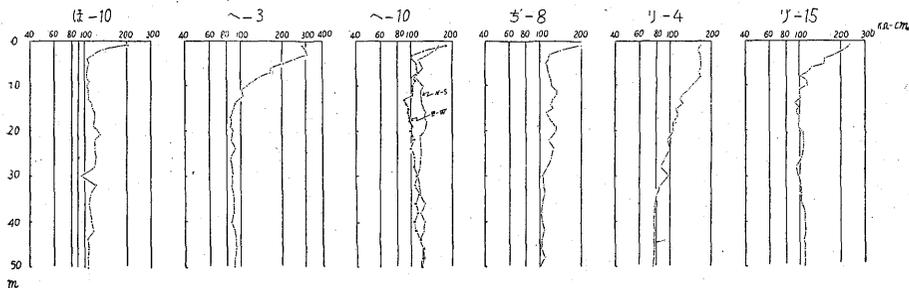
(1) 自然電位の変化が比較的緩慢であるから、極力短時間に全域の測定を完了するとともに、自然電位分布の測定を何回か行なうことによつて、照合することが望ましい。本調査の経験上、ピットで岩盤に達した測点は、反覆測定を行なつても、自然電位の変動が比較的少なく、測定結果の信頼度を高めるのに効果があると思われる。しかしながら、この地域は、砂防工事箇所が多く、局部的に表土の厚薄が著しくて、一様に岩盤までピットを掘ることは困難であり、また表土の影響も、全般的な電位分布の傾向を支配するほど、著しいとは思われないので、短時間に、全域の測定が完了できる場合には、必ずしもピットを用いるには及ばないと考える。

(2) 比抵抗法による水平探査を必ず併用すること。垂直探査は、鉱床附近と、それ以外の箇所とで多数行なえば、両者の特徴的な傾向が得られる可能性があるが、地形、地表条件等の制約があるので、適当な測点の選定が困難かも知れない。

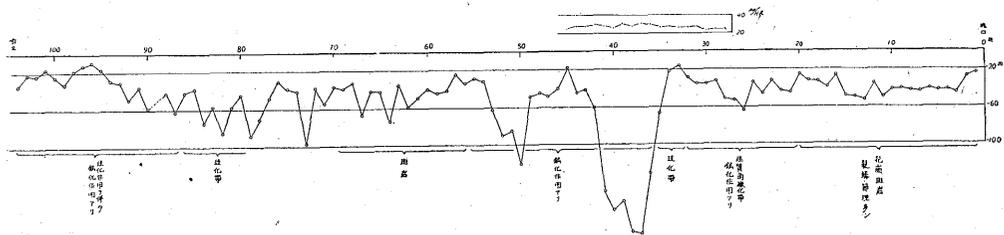
地表における放射能探鉱は、本区域に研山が多く、表土の厚さの変動が著しいなどの、特殊な条件に妨げられて、充分にその適応性を判断すべき結果が得られなかつたが、鉱化作用が地表に及んでいる場合には、効果を取る可能性が考えられるので、さらに機会を得て検討したい。

2) 大笹鉱山における今後の探鉱について

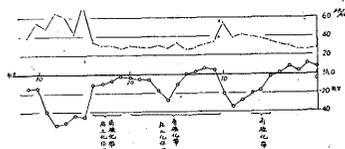
未知区域における、多くの示徴のうち、最も鉱化作用



第8図 深度比抵抗曲線図

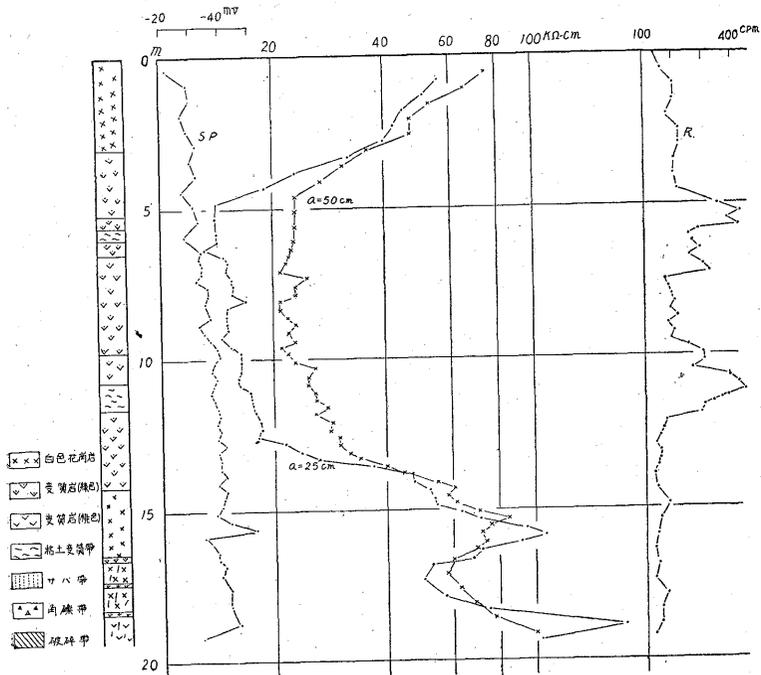


天神橋1坑

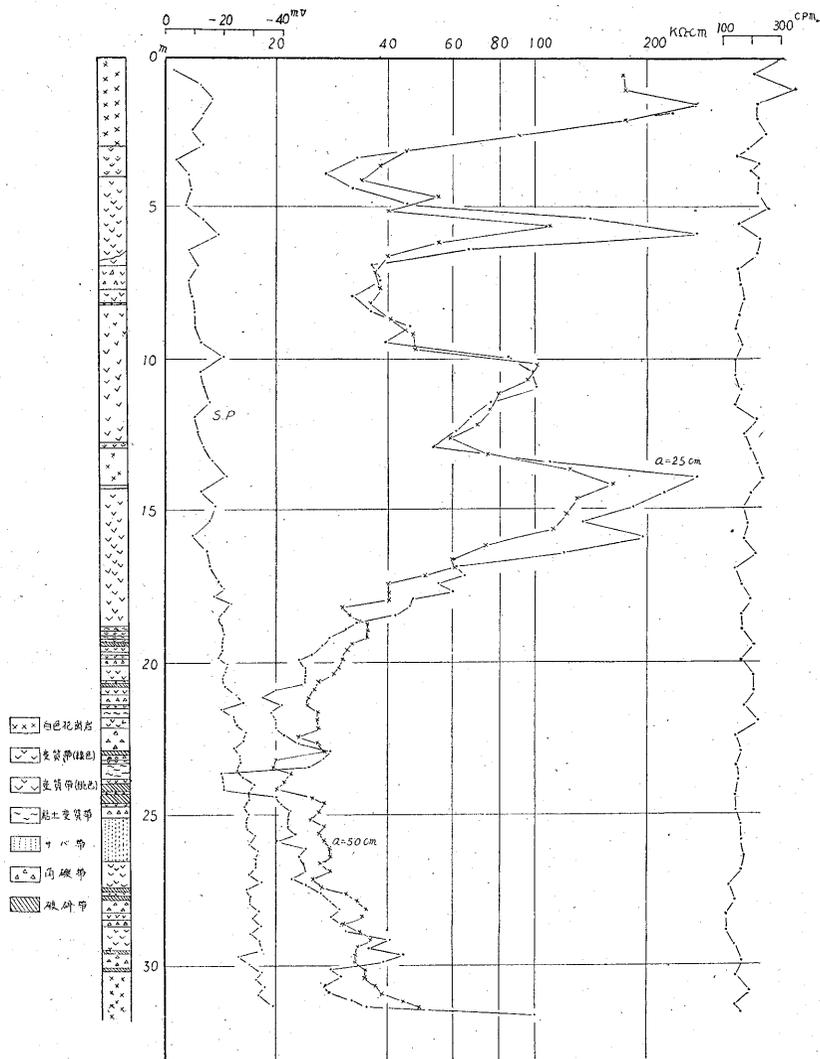


天神橋2坑

第9図 阿部鉦山自然電位ならびに放射能強度曲線図



第10図 阿部鉦山試錐坑井電気・放射能検層図 1号孔



第 11 図 阿部鉱山試錐坑井電気・放射能検層図 2 号孔

との関連性が強いと思われる、2坑北押の延長部を、積極的に探鉱するとともに、他の示徴部についても、さらに区域の外側周縁部における分布状態を明らかにしたう

えて検討されることを希望する。

(昭和 33 年 2 月調査)