

氏 名	か 賀 来 秀 三
授 与 学 位	工 学 博 士
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 5 0 年 3 月 5 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 1 7 年 9 月 宇 部 高 等 工 業 学 校 採 鉱 科 卒 業
学 位 論 文 題 目	強 制 分 極 電 位 法 に よ る 金 属 鉱 床 探 査 の 基 礎 的 研 究
論 文 審 査 委 員	東 北 大 学 授 教 九 里 尚 一 東 北 大 学 授 教 堀 部 富 男 東 北 大 学 授 教 早 川 典 久 東 北 大 学 授 教 安 達 三 郎 東 北 大 学 授 教 神 吉 寛 一

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 緒 論

本研究は地下比較的深部に賦存する硫化鉱物等の金属鉱物を含む潜頭鉱床を探索するために著者の創案した強制分極電位法に関する一連の基礎的研究である。

わが国においては1960年頃より黒鉱鉱床探索に関連して強制分極法に対する関心が高まり、各地でこの方法による探索が行なわれたが、対象とされた鉱床の大部分が地下概ね300m以下の深部に賦存するものであったため、鉱床による示徴が微弱で、測定器、測定法および測定結果の解析等にも多くの検討を要する問題があることが明らかとなった。著者は強制分極現象を電位的立場から系統的に解析した結果、地下深部に賦存する鉱床に対しては、分極現象を表わすのに分極率表示に代えて分極電位表示を用いる方が効果的であることを見出し、新らしく強制分極

電位法を提唱し、理論的にその手法を示すとともにその論拠を実験により確認し、更に実際の鉱床探査への応用例を示した。即ち従来浅部鉱床探査にのみ有効とされていた強制分極法が深部鉱床探査にまで応用される可能性を示し、同時に強制分極電位法の手法を確立した。

第2章 鉱床模型による強制分極現象の電位論的解析

鉱体模型による強制分極現象の電位論的解析結果について述べた。第1節で本章の概要を述べ、第2節では周波数効果を持った電流双極子の場を考察し、この電流双極子の存在によって生じた2次電位 U について検討し、角周波数 ω_1 と ω_2 における分極電位 U_{IP} を、

$$U_{IP} = U(\omega_1) - U(\omega_2), \omega_1 < \omega_2$$

と表示することにより、電位分布から求める分極率や分極電流双極子能率の体積密度を示す式を導き、分極電位、分極電流双極子能率および分極電流源の密度相互間の関係を求めた。第3節では点電流源による電場の中にある球状分極体による2次場を考察して、この分極体の示す分極電位式を導き、分極電位は分極率とこの分極体の体積との積が一定ならばほぼ同じ値となることを示した。第4節では球内に電流双極子能率の体積密度が一様に分布するような球による電場を考察し、鉱染状球状鉱体の示す分極率と充電率および分極電位とを求め、これらの相互関係を導いた。第5節では一様な電場の中にある地下に賦存する球状鉱体による分極電位をこの鉱体の分極率を用いて表示し、地表面の分極電位分布と分極電位傾度の分布とを計算した。この結果は分極電位の分布状態によって鉱体の位置と深度とを容易に求めうることを示している。第6節では地下に賦存する球状鉱体が大地表面にある点電流源によって分極されたときの分極電位の式をこの鉱体自身の分極率を用いて表示した。この結果を用いて点電流源と双極子電流源との二つの異なる場合における地表面の分極電位分布および分極電位差分布を計算した。この結果は分極電位を測定することによって鉱体の位置と深度との判定や解析は従来の分極率測定による方法よりも容易であることを示した。即ち本章は鉱床模型による強制分極現象の電位論的解析結果について述べたもので、分極率と分極電位との関係を明らかにして数値計算を行ない、従来の分極率表示による方法にかえて、分極電位表示を用いることによって測定結果の解析が可能かつ容易となることを理論的に証明したものである。

第3章 強制分極電位法における金属鉱床模型の過渡応答特性

硫化鉱物等の電導性鉱物球を簡単な分極性鉱体模型により近似し、この分極体の示す電場を電位論的に解析して強制分極現象の特徴である過渡応答特性を解析し、過渡応答、分極電位および分極率等と分極性鉱物の電気的性質との関係を求めた。第1節で本章の概要を述べ、第2節では電気化学で知られているワールブルグインピーダンスと電気2重層分布容量とを界面を持った金

属鉱物球模型による電場を解析して界面分極係数を示す式を導いた。この係数は上記2種の量と鉱物球の半径および鉱物球外の媒質の比抵抗等に関係し、周波数特性のある係数である。さらにこの係数を用いて鉱物球の示す分極率および分極電位を表現する式を導いた。第3節では以上のごとき分極性小球が一様に分布する鉱染状球状鉱体模型の強制分極による電場を解析し、分極性小球の容積率と界面分極係数とを用いて鉱染状鉱体の等価比抵抗、等価分極率および等価界面分極係数を示す式を求めた。理想導体と見られる鉱物小球より成る鉱染状鉱体の等価分極率 m_e は低い周波数のときの界面分極係数を Q_0 、高い周波数でのそれを Q とし、容積率を v とすれば、次式で示される。

$$m_e = \frac{9v(Q_0 - Q)}{(1 - v + 3Q_0)(1 - v + 3Q)}$$

この式は鉱染状鉱体の分極率は含有する鉱物の容積率にほぼ比例することを示している。また鉱染状鉱体の示す分極電位と見掛分極率とを前記の v と Q とを用いて表現し得た。これによって界面分極係数、分極率および分極電位相互の関係を明示し得た。第4節では等価比抵抗を v と Q とを用いて表示し、鉱染状鉱体の示す強制分極現象の時間応答を解析し、単位階段波電流による過渡応答分極電位波形は次式の形になることを示した。

$$f(t) = (1-d) + \beta \cdot \exp(\alpha t) \cdot \operatorname{erfc} \sqrt{\alpha t}$$

ここで α は分極性鉱物の表面の電気的性質に関係し、 β はその容積率に比例するもので、これらを過渡応答パラメータと名付けた。第5節では同じく周波数応答について解析し、前述の過渡応答パラメータ α と β とを用いて正弦波電流に対する分極電位の同相項と異相項とを求めた。これによって鉱染状鉱体の示す見掛分極率は α と角周波数の等しくなる附近で極大値を示し、分極性鉱体の持つ α に応じて、強制分極測定における最適使用周波数が存在することを明らかにした。第6節では各種分極率の相互関係を解析し、分極率と分極電場および1次場との関係を見出し、測定に使用される電極配置の如何に拘らず分極率の測定から直ちに分極電位を求めうることを示した。また過渡応答のパラメータ α が同じ場合には、時間領域の測定器で測定される分極率と周波数領域の測定器で測定される分極率との間には $\sqrt{2} \omega t \doteq 1$ の対応関係で結ばれることを示した。即ち本章の研究によって、使用される測定器の如何によって夫々異なった値を示す分極率相互の関係を明らかにし、強制分極測定器に関係なく、分極率から直ちに分極電位を求めうることを示して、著者の強制分極電位法の手法を理論的に確立したものである。

第4章 試錐孔利用深部電極による分極電位地中分布の数値計算

複雑な地質構造中の分極性鉱体による地中分極電位分布は、理論解析が困難なため、2次元構造として近似せしめ、電算機を用いた模型計算によりこれを求めた。第1節は本章の概要で、第

2 節では 2 次元模型計算の方法と電算機プログラムの概要を説明し、第 3 節では計算の結果得られた 7 例の地中分極電位分布を考察した。地下に垂直脈状の鉱体が存在する場合に、試錐孔中に設置した電流電極による鉱体の分極状況は、鉱体の頂部と下部とが夫々正と負とに分極した分極電流双極子の形となって、地中分極電位分布と地表面の分極電位分布とからは容易に鉱体の位置と深度とを推定することができる。これに対して、電流電極による 1 次電位が零となるところでは不連続な異常に大きい分極率分布を示し、分極率の分布からは鉱体の位置および深度の推定は困難である。これらの模型計算によって鉱体の形状および位置と電流電極の位置との相関の下における分極電位分布姿態が明らかとなり、同時に分極率分布姿態に比較して、深部に賦存する鉱体に由来する分極電位異常帯の判定が容易かつ的確となり、強制分極電位法が試錐孔を利用した深部探査に対しても効果的に応用できることを示した。

第 5 章 強制分極電位法の金属鉱床模型水槽実験

第 2 章の理論的解析によって電位分布から求める分極率 m や分極電位 U_{IP} の概念が得られ、また第 3 章の研究によって各種の測定器や電極配置によって求められる分極率成分や分極電場成分の相互関係を明らかにすることができた。本章では以上の各章の理論的研究結果を確認するために、強制分極現象を示す模型鉱体を用い水槽実験を行なった結果について述べた。第 1 節に本章の概要を述べ、第 2 節では強制分極電位の測定法をのべ、第 3 節では測定器、測定用電極、分極現象のある模型鉱体および水槽とよくなる実験装置と測定条件とについて説明した。第 4 節では黒鉛鉱石の模型鉱体を使用し、水槽表面に電流電極を固定した場合の実験を行なった。1 次電位、分極率 m および分極電位の各分布と、1 次電位差、分極率 m および分極電位差について夫々 x 方向および y 方向成分の各分布とを測定した。第 5 節では試錐孔を利用した場合の水槽実験として水槽中に電流電極を固定し、黒鉛を使った模型鉱体を用い、各種の電位電極配置における水槽表面の分極率と分極電位差との測定を行なった。実験結果から分極率表示によるよりも分極電位表示による方が異常分布姿態の発見も容易であることが明らかとなり、著者の所論の妥当性が実験的に証明される結果を得た。

第 6 章 強制分極電位法による鉱床探査応用例

強制分極法を深部探査に応用する場合著者の創案した強制分極電位法による応用例を示したものである。第 1 節は本章の概要で、第 2 節ではオーストラリア・ウイルナ地域の地表探査による硫化鉄鉱床の探査結果について述べ、分極率分布から推定された異常に対して強制分極電位法による簡易解析法を適用し、地下 60 m にある分極体の位置と深度とを推定し、それに対して試錐を実施した結果確認された硫化鉄染帯の頂部と推定位置と深度とが良く一致することを示した。

第3節では北海道下川鉱山における試錐孔利用探査応用例を示した。即ち分極率分布によっては異常を見出し得なかったが、分極率を分極電位差に変換し更に分極電位表示することによって、地下500mの深部にある分極点による異常が見出され、この分極点は試錐によって確認されている硫化鉱物鉱染帯によるものであることを確認した例を示した。

これらの応用例における異常帯は従来の分極率表示によっては正確な位置決定が出来ないか、または異常帯として見出し得なかったもので、強制分極電位法の深部鉱床探査への応用が可能であることを立証したものである。

第7章 結 論

以上各章の研究結果をまとめて結論とした。本論文では強制分極法を地下深部に賦存する鉱床の探査に応用するに当たり、著者の創案した強制分極電位法に関する一連の基礎的研究結果について述べた。強制分極現象の電位論的解析を行なった結果に基づき、従来の分極表示に代えて分極電位表示することを提唱し、理論的にその手法を確立するとともにその論拠を水槽実験により確認し更に実際の鉱床探査への応用例を示して深部探査への応用の可能性を提示したもので、強制分極法による探査範囲の拡大をもたらし、とくに深部探査を可能とした。

審査結果の要旨

硫化鉱物等の金属鉱物を含む潜頭鉱床を探索する場合にしばしば強制分極法が応用される。この方法は地表に設置された電流電極を利用して地中に電流を通じ、これによって強制的に生じた分極現象を分極率分布として捉え、その分布姿態から鉱床を探知する方法で、地下浅所の潜頭鉱床に対しては効果的であるが、黒鉱鉱床のように地下概ね300m以深の深部潜頭鉱床に対しては殆ど効果が得られないのが実情である。著者はこの点に着目して、本法による深部鉱床探索について研究を続け、従来法に代えて分極電位分布による方法すなわち強制分極電位法を提唱した。

本論文はこれらの研究結果をまとめたもので全編7章より成る。

第1章は緒論である。

第2章は鉱床模型による強制分極現象の電位論的解析結果を述べている。この中で著者は従来等閑に付されていた分極率と分極電位との関係を明らかにして、従来法に代えて分極電位表示を用いることによって、異常帯の発見が容易になることを理論的に証明しているが、これは重要な成果である。

第3章は金属鉱床模型の過渡応答特性について述べており、複雑な界面電気現象を技法上単純化することによって、周波数領域或は時間領域で測定される分極率の相互関係を求め、同時に分極率から直ちに分極電位を求め得ることを示している。これは測定手法上有用な考案である。

第4章は試錐孔を利用して設けた深部電極による分極電位地中分布を模型計算によって求め、潜頭鉱床に由来する分極電位分布姿態を推定している。

第5章では強制分極現象を示す金属鉱床模型を用いた水槽実験の結果について述べ、分極率表示よりも分極電位分布表示による方が異常分布姿態の発見が容易であることを実験的に確かめ以上各章の理論解析結果の妥当性を立証している。

第6章では強制分極電位法の応用例として地表よりの測定および試錐孔内での測定の各1例を挙げ深部鉱床探索上有用な成果を得たことについて述べている。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は強制分極現象を電位論的に解析して、分極率と分極電位との関係を明らかにし、これに基づいて強制分極電位法を提案したもので、強制分極法による探索範囲の拡大とくに深部潜頭鉱床の探索を可能とし、探索工学上資するところ少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。