

高原子番号元素の鉱石物質組成と鉱物共生関係への研究の

エミッション・ラジオグラフの応用*

G. A. Gumansky, V. N. Balashov & Ya. N. Zeman

岸本文男 訳

本論文でいうエミッション・ラジオグラフ法は、原子番号の大きい元素を含む鉱物や鉱石の鉱物学的な研究にとって将来性のある方法の1つである。

エミッション・ラジオグラフは、試料の、緻密かつ化学的に不均質な表面に、エネルギー100~300keVのX線あるいはガンマ線を照射し、それから発生する2次放射線をフィルム感光膜に感光させて得られる特殊な写真のことである。

エミッション・ラジオグラフを得る実際の方法は、次の通りである。まず試料を研磨して、乳剤を用いて微粒感光膜フィルムを密着し、X線ないしガンマ線を照射する。ガンマ線照射の際、1次照射で作られるカブリは、その感光度が小さいので、感光膜を通り抜けるガンマ線に対して、微々たるものである。それに反し、2次照射の電子コンポーネントは、感光膜に鮮明に潜在する映像を作る。試料の表面に照射すべき電子の量やエネルギーは、表面部分の化学的な性質、まず第一に、表層部分を占める元素の原子番号の大小に左右される。

感光膜の黒変密度は、乳剤層に作用する電子の量とエネルギーの割合できまり、したがって、研究対象とした試料の鉱物成分に入っている元素の原子番号の大小に左右されるわけである。

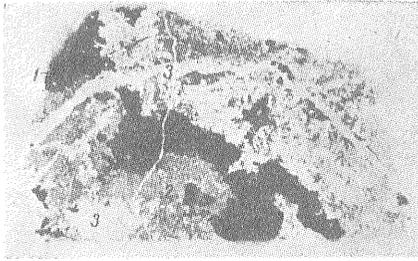
前述の方法の変形としてのエミッション・マイクロX線グラフは、合金組織の金属学的研究に用いたことがある(ゲーセフ, 1956)。それ以前に、エミッション・マイクロX線グラフの鉱物試料の研究へ応用することが強調されたことがある(トリラート, 1948)が、いずれの場合も、該当する拡大部分を見落すことによつて、全く主観的に写真解読が行なわれたのである。1次放射線源としては、X線放射の連続スペクトルを伴う電圧200kVのX線管が用いられた。

本論文の目的の1つは、エミッションX線グラフをうる過程の研究、すなわち、写真測定によつて金属合金写真の客観的解析法を編みだすことであり、かつまた、電子を照射された元素の原子番号と2次電子の量とエネルギーおよび1次放射エネルギーと2次電子エネルギーのそれぞれの関係を確かめることにあつた。2次放射電子は、試料面に「逆分散」効果の結果として生じ、原子の深部電子膜から光電子として生じる。これらの電子は、またX線-ラジオグラフ上に試料面の像を写しだすのである(グマンスキー, 1958)。

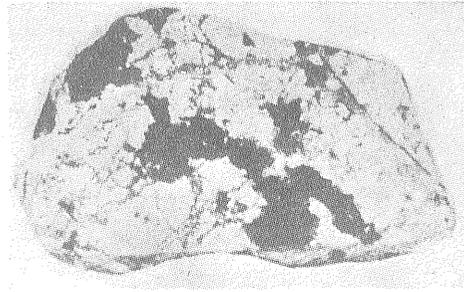
光電子の量とエネルギーは、主として、照射をうける元素の原子番号に左右され、コンプトン電子のエミッションは、実際には、物質の化学的狀態とは結びつかない。それゆえ、元素をうまく決めることは、コンプトン効果の下で、1次照射のいわゆる実際吸収係数で特徴づけられる光電子が優勢である場合に限り可能となる。この条件は、200~300keVの1次照射エネルギーの下でなら充分である。しかしながら、1次照射線は、著しく長周期であつてはならない。それは、低エネルギーとなつて光電子を押え、写真に弱くしか作用しないからである。加えて、柔弱な1次照射線は、感光膜に強くカブリを与える。エミッション・ラジオグラフ法によつて各種の元素を決めるのは、原子番号26~27のものからできるが、もつと大きい原子番号をもつた元素鉱物の場合に、とくに明瞭に写し出すことができる。

エミッションX線グラフ写真測定法は、有色金属化合物における相の状態やさらに各鉱物粒

* G. A. Гуманский, В. Н. Балашов, Я. Н. Земан: Применение эмиссионной радиографии для изучения парагенетических взаимоотношений минералов и вещественного состава руд элементов с высоким атомным номером, Геология Рудных Месторождений, No. 5, стр. 123~124, 1960

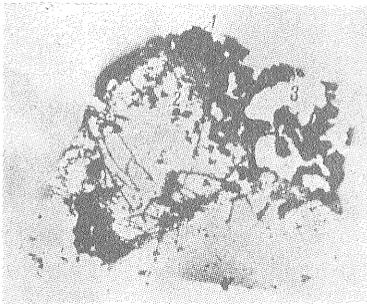


b:写真



a:ラジオグラフ

第1図 大理石質石灰岩 (3) 中の辰砂 (1) および重晶石 (2)

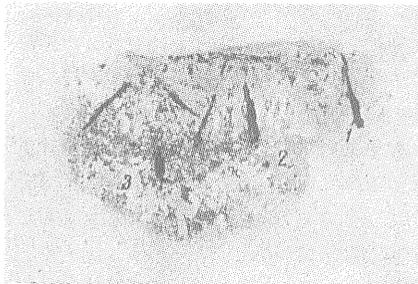


b:写真

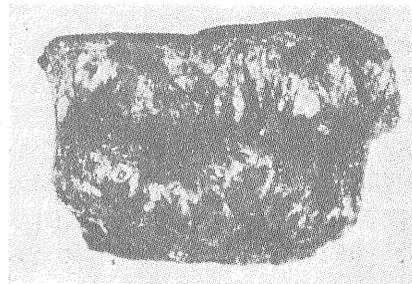


a:ラジオグラフ

第2図 方鉛鉱 (1) 閃亜鉛鉱 (2) および方解石 (3) を伴う緑簾石スカルン



b:写真



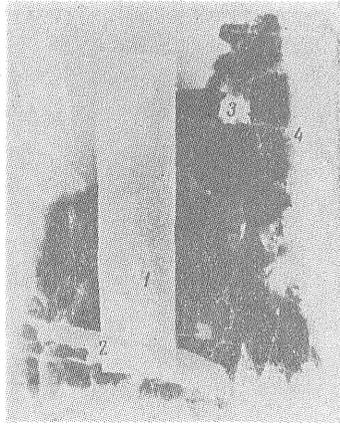
a:ラジオグラフ

第3図 石英 (3) 中の鉄マンガン重石 (1) とそれに伴われる黄銅鉱 (2)

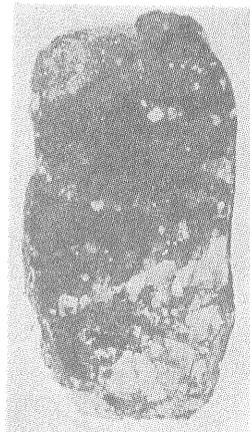
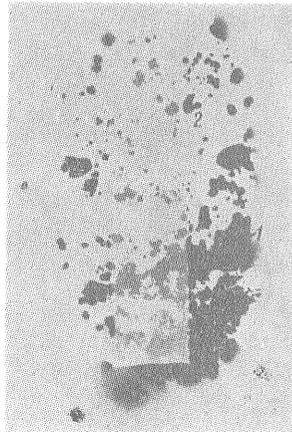
子の状態の比較決定上重要なものである。

感光膜の黒変密度は、試料の実効原子番号函数ともなり、また試料中の種々の元素含有量関係でも左右される。したがって、光電子測定の方法は、きわめて多くの場合複雑な化合物である鉱物の化学的な状態を決めるための主要な方法として利用することはできない。これは、大きな原子番号をもつ元素試料面の種々の部分で優勢なものについての質的な表現をするものだからである。

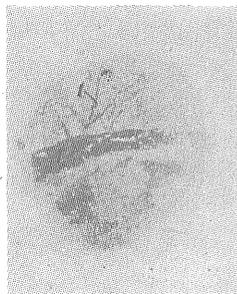
筆者は、連続X線スペクトルを利用する代わりに、強くないガンマ線の単光源を応用した結果、エミツション・ラジオグラフ法の決定力の基本的に高いことの証拠を得た。単光性I次照



b: 写真 a: ラジオグラフ, アルミ箔の帯で覆われた試料の部分
第4図 螢石(4) 中の方鉛鉱(1) 閃亜鉛鉱(2) 方解石(3)



b: 写真 a: ラジオグラフ, アルミ箔の帯で覆われた試料の部分
第5図 輝石-藍銅石スカルン(2) 中の灰重石



b: 写真 a: ラジオグラフ, 黒灰色の大部分はより集中的な銅鉱化作用に相当する
第6図 2次性銅鉱物(1)-孔雀石でセメントされる石灰質-石英質角礫岩

射の主要な優越性としては、光電子やコンプトン電子の刺激条件が同質であること、および元素の原子番号の相違に従つて、その元素を十分に区別するエネルギー・スペクトルにあることにある。次の要素は、エミツション・ラジオグラフ分析の線測定法に、鉱物薄片分光分析法による電子のエネルギー・スペクトルの研究を追加することによつて、比較的複雑な組成である鉱物の同定に用いることが期待され始めたことである。

著者は、放射線源として、ガンマ線 205keV のエネルギーをもつ放射性同位元素 Hg^{203} を用いた (グーセク, 1956)。実験によく用いられる Se^{75} や Ce^{144} 同位元素でも満足できる質のラジオグラフをうるができるが、さまざまなエネルギーのガンマ素量を出すので、余り有効でない。

硝酸水銀溶液 (Hg^{203}) を密閉特殊容器に一杯に満たし、その容器の上に、感光板をつけた試料研磨面をかさねる。感光膜の感光度を約 5 ed. host. のものを用いた。容器面 $1cm^2$ 当り約 0.25 m.c. の放射源の下での露出時間は 4~5 時間だが、それも試料の鉱物組成次第である。比較的小さい原子番号の元素 (銅・亜鉛その他) を含む鉱物は、大きな原子番号をもつ元素からなる鉱物よりも、長時間放置してコントラストを明瞭にするようにする。

ラジオグラフ (第 1・2・3 図) によると、高い原子番号をもつた元素 (水銀・鉛・タンゲステン) を含む鉱物が脈石鉱物を背景にして明白に現わされているし、中位の原子番号の元素 (亜鉛・銅) を含む鉱物も同様である。

ガンマ線で蛍光を発する鉱物 (螢石・灰重石) も、感光膜を強く照すが、蛍光作用は感光膜と試料の間におかれた不透明軽量物質で容易に除去できる。その物質は、密度約 $16mg/cm^2$ のアルミ箔で、エミツション電子作用が少し弱められるが、蛍光作用の影響は十分に除去され、大きな原子番号の元素を含有する鉱物を蛍光作用の影響から完全に区別させている (第 4・5 図)。

原子番号の比較的大きくない元素の含有量と感光の度合との関連は、第 6 図に示す試料のラジオグラフで説明される。

線測定の方法や技術および鉱石薄片分光分析の方法による研究条件の下で、エミツション・ラジオグラフは広く鉱物学に利用でき、とくに、構成鉱石鉱物の同定やその共生関係の研究、鉱石構造の特徴の研究、また鉱物中の原子番号の大きい元素不純物の決定、四面銅鉱などの錯塩鉱物型のものに分布する不純物の同定に利用できる。

選鉱技術の分野でのエミツション・ラジオグラフの利用は、鉱石の鉱物組成、鉱石鉱物の粒度、とくに鉱物連晶を研究することにも及ぶ。これらのデータの価値は、選鉱粉砕に必要な粒度を確定するのに重要で、選鉱法の選択を容易にする。

エミツション・ラジオグラフの今後の開発は、鉱物の物質組成の同定や鉱物中の重元素希少成分の状態の決定のために、線測定 (写真測定) や薄片分光分析の重要な研究の方向に進まねばならない。

文 献

- Гуманский, Г. А. : 金属のエミツションマイクロX線グラフ, Дис. АН Уз СС
Р, Ташкент, 1958
- Гусев, Н. Г. : 放射線と防護入門, Москва, 1956
- Trillat, J.J. : Compt. rend. Acad. Sci 213, 1941
- Trillat, J.J. : Appl. Phys., Vol. 19, 1948