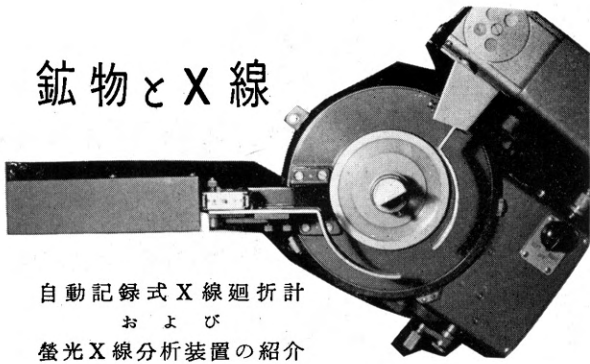


# 鉱物とX線



カット  
ゴニオメーターの  
主要部

自動記録式 X線廻折計  
および  
蛍光 X線分析装置の紹介

## 1. 鉱物の同定

いろいろな鉱石や岩石を調べるにあたって重要なことは それらを構成している鉱物自身を調べることである。鉱物を調べるために まず最初に行わねばならぬことは その鉱物がどういう名前の鉱物であるか すなわち今までに名づけられている鉱物のうちのどれと本質的に等しいか を決めることで このことを **鉱物を同定**するといっている。ありふれた鉱物なら肉眼で観察するだけでも それが何という鉱物であるかを決めることはできるが 珍しい鉱物になると 目で見ただけで同定するのはなかなか困難である。一体 ある鉱物XがAという名前の鉱物であるということは すなわち XをAに同定するということが どういう意味のことなのだろうか。これについては次のように考えられている。

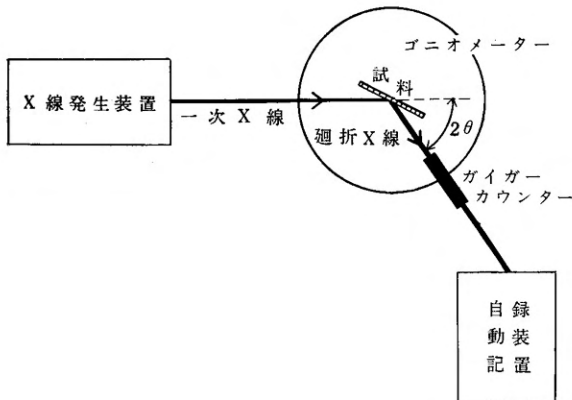
鉱物Xと鉱物Aとの化学組成が同じであつて さらに組成元素の鉱物内における配列の規則性（結晶構造）も

同じである時には 鉱物Xと鉱物Aとは同じであるといっている。したがつて 化学成分と結晶構造との両者が同じでない限り 2つの鉱物が同じと考えるわけにはいかない。

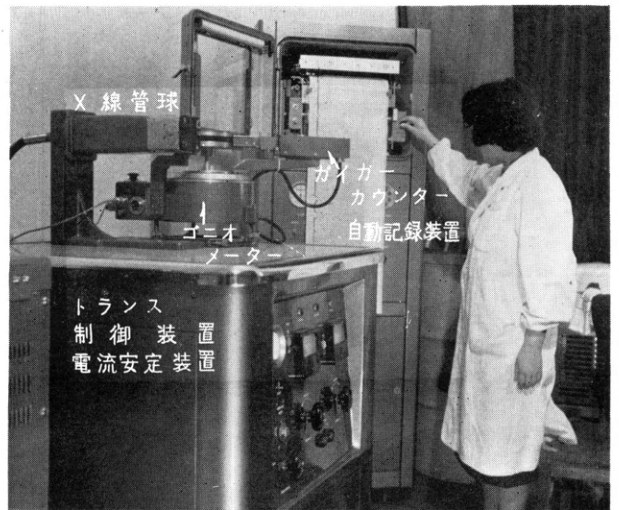
実際には化学成分が同じでも 結晶構造の異なる場合（同質異像）や または逆に結晶構造が同じでも 化学組成の異なる場合（異質同像）が 鉱物界にはしばしば認められている。このように化学組成と結晶構造とは 鉱物の基本的性質として 車の両輪のような関係にあるから 鉱物を同定するためには 厳密にはこの両者を知る必要がある。では そのためにはどうすればよいのであろうか。ここで表題にかかげた **X線廻折と蛍光 X線分析装置** が登場することになるのである。

## 2. 自動記録式 X線廻折計

物質の結晶構造は 結晶格子によるX線の廻折という現象を利用して 決定されているが 一般にこの方面の X線技術は 物質にX線を照射し 結晶格子によつて廻折されたX線を 写真フィルムに感光させて 廻折X線の進む方向および強さを フィルム上で測定することを基礎にしている。しかし最近の電気技術 とくに電子管工学の発達のおかげで 写真フィルムを使わずに 廻折X線を直接自動的に記録することが可能になってきた。すなわち 廻折X線をガイガー・カウンターで受けとめ そのときカウンター内に生ずる微弱な電流を使つて 自動的に記録するものである。この方法は とくに粉末



第1図 X線廻折計ブロックダイアグラム

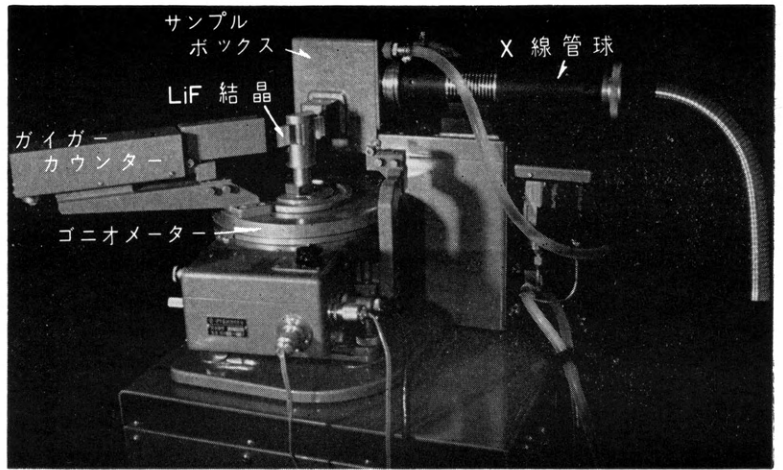


第2図 操作中の X線廻折計

法とよばれるX線技術に対して発展してきたもので その装置を自動記録式X線廻折計とよんでいる。

第1図は この装置の概略を図解したものであるが 大きくわけると (a) X線発生装置 (b) ゴニオメーター (c) 自動記録装置 の3部分から構成されている。 X線発生装置は X線管球とそれにかかる高電圧を作るための変圧器とが 主要部分になっている。 ゴニオメーターは 角度を測る装置という意味で 測角器とも訳されていて スリット 試料支持台 ガイガー・カウンター 試料支持台とカウンターとを廻転させるためのモーター カウンターの位置を読むための角度の目盛盤などから構成されている。

X線発生装置から出てきた一次X線は スリットによつて ある限られた方向へ進むものだけに限定され それが 支持台にとりつけられた粉末試料に 照射されると 試料の結晶格子によつて廻折されて 試料を構成する物質の結晶構造によつて 特徴的な方向へ向かつて進む。 従つてモーターで ガイガー・カウンターを試料のまわりに廻転させると ゴニオメーター上のある特定



第4図 X線蛍光分析装置の心臓部

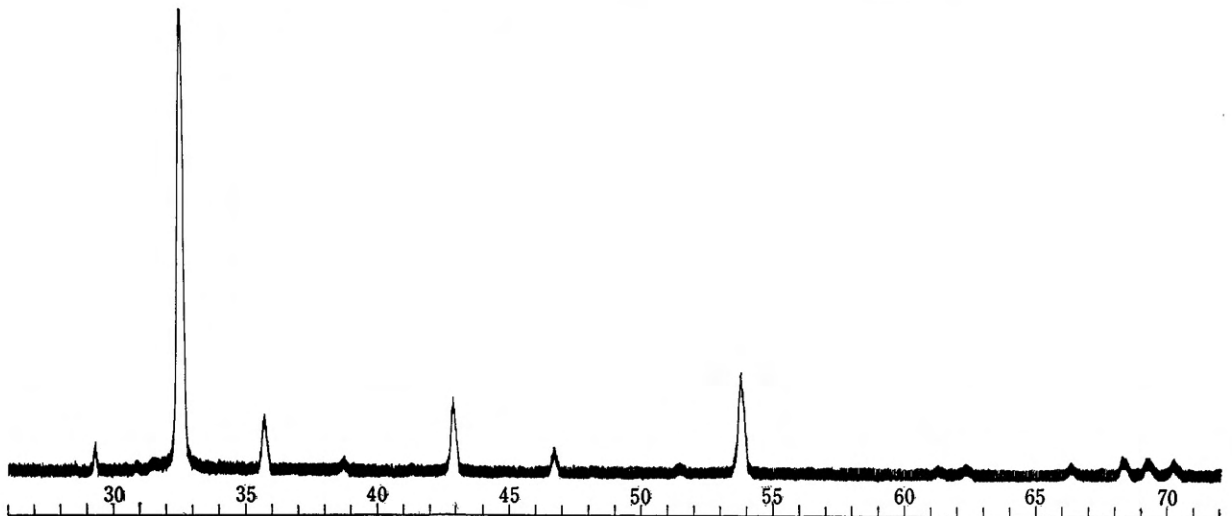
な位置でのみ カウンターが廻折X線を検出することになり 廻折X線によつて生じたカウンター内の電流は 自動記録装置へ送り込まれ 増巾されて自動的に記録される。

X線廻折計にはそのほか 電流・電圧の安定装置 ガイガー・カウンターの性能をきめる電気回路 安全装置などがついている。

とにかく X線廻折計では 一次X線と廻折X線との間の角度 ( $2\theta$ ) すなわち 廻折X線の進む方向とその強さ ( $I$ ) を測定することができる。

第3図は 自動記録されたデーターの一例で ここでは横軸に  $2\theta$  縦軸に  $I$  をとつているが このように普

第3図の説明 鉱物によつては ピークの位置や高さばかりでなく ピーク自身の形(幅の広さや非対称性など)に各種の変化がある。 Magnesite では非常に鮮明なピークがでていますが ペントナイトの一種の Sauconite ではピークの形がかなりくずれ Euxenite になると  $30^\circ$  あたりに非常になだらかな丘が観察されるに過ぎない。



第3図(a) Magnesite による廻折像

通は 数本のピークが記録される。

これは簡単にいえば ピークの現われる位置で 廻折 X 線が検出されたことを意味し その位置の  $2\theta$  の値が 廻折 X 線の進んだ方向になるわけで この場合 ピークの高さは I を表わしている。一般に結晶質の物質には その物質に特有な 数多くのピークがあつて ピークの位置と高さを考慮して 今までに得られたデータと 対比することにより 物質を同定することが可能となる。いろいろな物質の粉末法によるデータは 種々な学術雑誌に続々と発表されてきているし さらに これらの データを 数多くまとめたものもある。そのうちでも American Society of Testing Materials では天然の鉱物を含む 3,000 種に近い物質のデータを集めており その結果は ホールソートシステムによつて 分類された ASTM カードとして 広く利用されている。

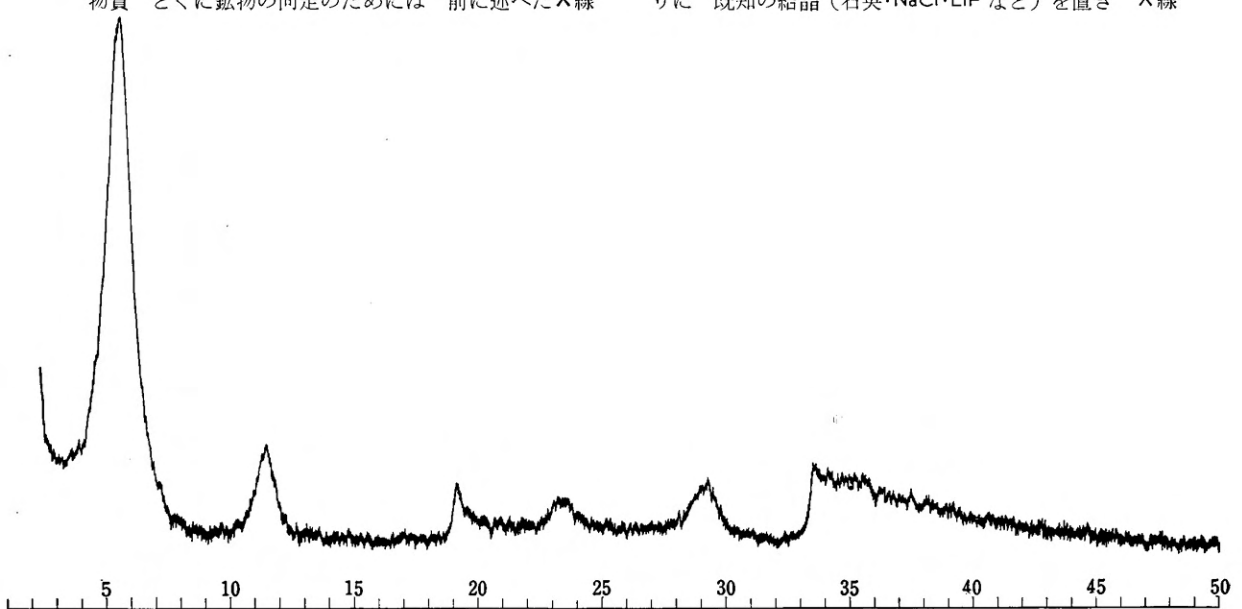
### 3. 自動記録式蛍光 X 線分析装置

物質 とくに鉱物の同定のためには 前に述べた X 線

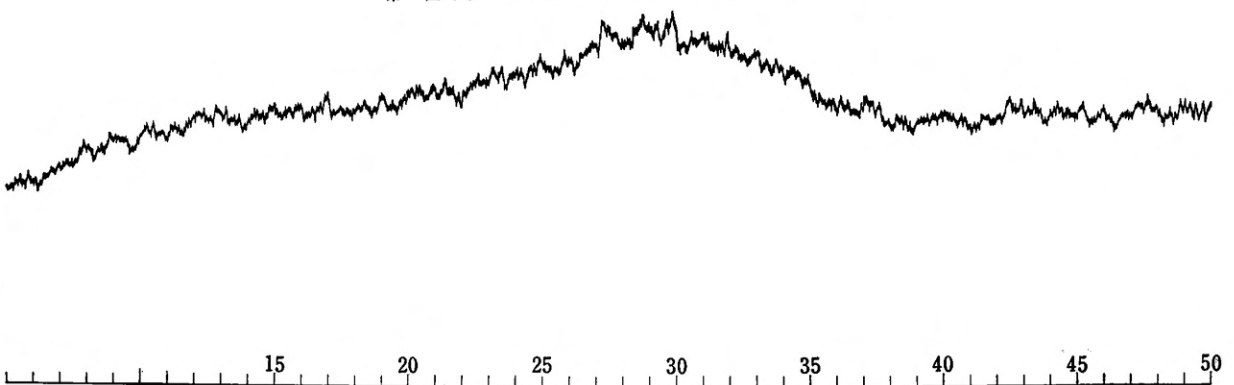
廻折計による実験だけで その目的を達することができる場合が 実際には非常に多いが やはり化学成分の手がかりがないと 同定が困難で また不確実な場合も しばしば生じてくる。物質の化学成分の決定についてはいろいろな方法があるが X 線をこの方面に使うこともできる。

それは物質に強力な X 線を照射すると 物質中に含まれる元素に 特有な波長の X 線が 二次的に発生するので この二次的な X 線 (蛍光 X 線) を化学成分や結晶構造のよくわかつている結晶にあて その結晶格子で 廻折させて廻折 X 線の進む方向を調べると 蛍光 X 線の波長 ひいては元素の種類を知ることができる。この場合 廻折された蛍光 X 線の強さは 含まれる元素の多少を表わす。

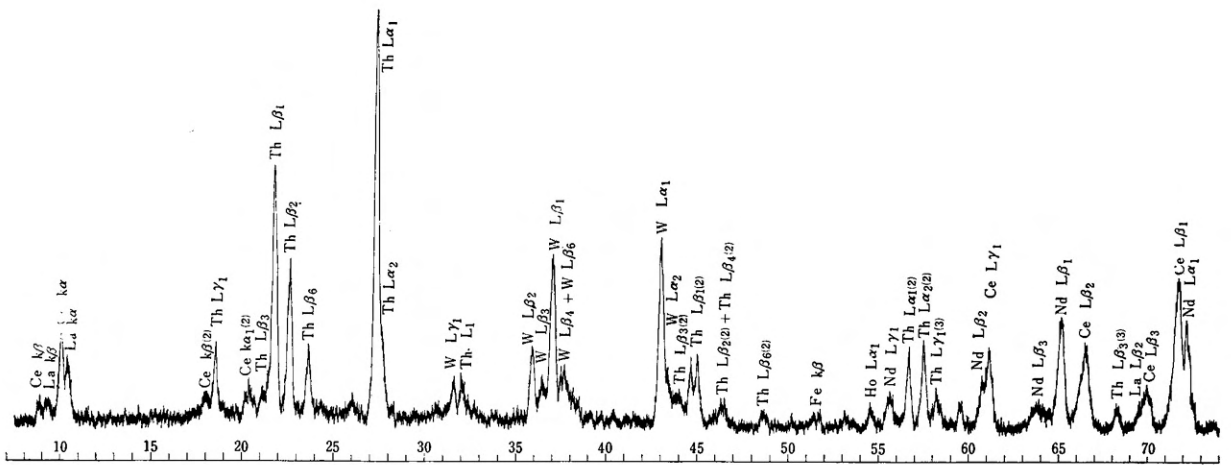
蛍光 X 線分析を行うには 前に述べた X 線廻折計を利用することができる。すなわち X 線廻折計の試料の代りに 既知の結晶 (石英・NaCl・LiF など) を置き X 線



第3図(b) Sauconite による廻折像



第3図(c) Euxenite による廻折像



第5図 ほほ純粋な Monazite (苗木産) の蛍光分析 data  
ThやCe La Nd Ho?などの希土類元素が検出されている

発生装置に 試料をX線で照射して蛍光X線を発生させる装置を 付属させればよいわけであつて こうすれば X線廻折計と同様に 自動記録をさせることができる。これが 自動記録式蛍光X線分析装置である。

この方法は X線廻折計に比べて 基礎的な研究および実用化の歴史が浅く また多くの欠点や不満足な点もあつて たとえば 原子番号の若い元素の分析や微量な成分の分析には適さない。しかし普通の化学分析ではなかなか困難な希土類元素や ウラン・トリウムのような元素の分析には 非常に有効である。なおこの方法は一般に分析操作が簡単・迅速であつて さらに重要なことは 分析しても試料が破壊・消耗されないという非常な利点をもっていることである。したがつて同じ試料を何回でも実験できるし またこの方法で分析した後でさらに他の実験に使うこともできるというような利点があるために まだ多くの欠点を持ちながらも 次第にこの方法が各方面で着目されてきた。また物質の同定のための研究的な利用ばかりでなく たとえば 材料製造工場や鉱山の選鉱場 精錬工場のように 毎日同じような多数の試料を迅速にチェックし 分析するためにも非常に有効である。

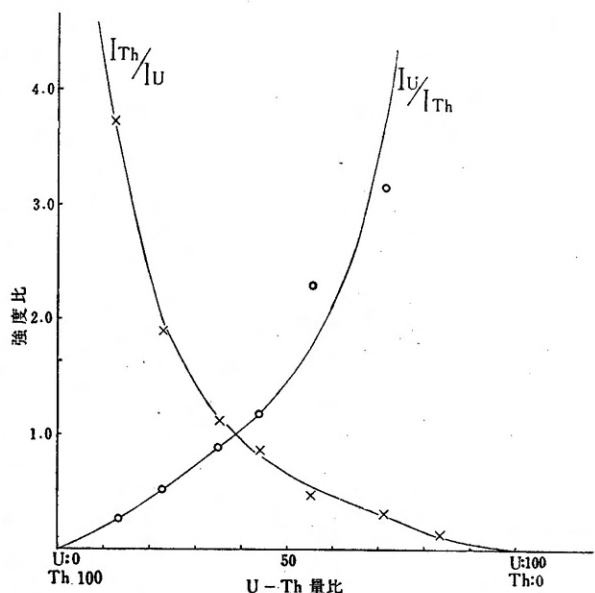
第5図は 自動記録された蛍光X線分析のデータの一例であつて これはX線廻折計によるデータと一見したところ非常に似ているが その意味するところは既に述べたように根本的に異なつている。

第6図は 廻折線の強さから元素を定量分析するためのワーキング・カーブの一例で ウランとトリウムの量

比の定量に用いられている。

以上のようにX線装置 とくにX線廻折計と蛍光X線分析装置は 鉱物の同定に非常に有効であるばかりでなく 同定に対する最も基本的な方法であることが 理解されたことと思う。なお これらのX線装置は 単に鉱物の同定に有効であるばかりでなく さらに詳細な鉱物の研究 たとえば結晶粒子の大きさの研究 結晶の不完全性の研究 高温における鉱物の変態や そのほかいろいろの反応に関する研究などにも 非常に役立つのであるが これらについては別の機会に述べることにする。

(鉱床部 鉱石課・核原料資源課)



第6図 UとThの量比を定量するためのワーキング・カーブ  
縦軸は(Lα1+Lα2)線の強度比 横軸はUとThの量比を示す