

## 地学 I の教科書の「条痕色」を定義する

#田村優季, 村主美佳, 井上紗智, 江草麗子, 江籠徳行, 近江毅志, 角田優貴, 十倉麻友子, 福本美南, 松本鉄平, 赤松沙耶, 岡島菜穂子, 金光雄太郎, 神戸麻希, 小松原啓紀, 米今絢一郎, 榊原暁, 新庄研斗, #高田千春, 友藤優, 平田真由佳, 蓬莱明日, 山本崇広

【兵庫県立加古川東高等学校 地学部】

### 1. はじめに

地学の教科書には、「金鉱も黄鉄鉱や黄銅鉱も金色に輝いているが、条痕板にこすりつけると、金は黄金色の、黄鉄鉱や黄銅鉱は黒い筋がつくことで区別される」とある。条痕板上の粉末を実体顕微鏡で観察すると、鉱物によって大きさが異なるにもかかわらず、それが鉱物同定の科学的根拠とされ、またどの専門書にもその粉末の大きさが具体的に示されていない。「条痕色とは、吸収、反射、屈折などのためにおこる散乱現象による鉱物の微粉末の色」とあるのみである。そこで、①条痕色を呈する粉末の大きさを明らかにする、② 鉱物によって条痕色を呈する粉末の大きさが異なるのか、その原因は何か、について研究することにした。

条痕色をもつ鉱物試料として、金鉱、黄鉄鉱、磁鉄鉱、閃亜鉛鉱（光学的等方体・不透明鉱物）、ホタル石（光学的等方体・透明鉱物）、黄銅鉱、赤鉄鉱、石墨（光学的異方体・不透明鉱物）、トパーズ、滑石（光学的異方体・透明鉱物）を用いた。各鉱物試料を粉碎し、その粉末を 10 $\mu$ m, 20 $\mu$ m, 30 $\mu$ m, 40 $\mu$ m, 50 $\mu$ m の大きさに仕分けした。すべての鉱物試料について、各サイズ 250 粉ずつ集め、実体顕微鏡の上方昼光色投影で観察した。

### 2. 条痕色を呈する粉末の大きさの違いの原因

光が結晶（鉱物）にあたると、一部は表面で反射され、内に入った光は屈折して結晶中を進む。実験から、条痕色を呈する粉末の大きさの違いを生じる主要な原因は、屈折率と反射率にある。鉱物の色は、自由電子の割合によって特定の波長部分が吸収されるために視覚される。金属は自由電子をもち大部分を吸収して不透明になり、共有結合やイオン結合の鉱物は自由電子がないため無色透明になる。不完全な電子殻をもつ遷移元素などは、電子がさまざまなエネルギーレベルにジャンプアップし、そのエネルギー差に応じた波長

の光のみを吸収するため、それらからなる鉱物はさまざまな色を呈する。

屈折率は光速度の変化によって決定される。結晶の方向によらず光速度が一定な光学的等方体（立方晶体）に対して光学的異方体では結晶方向によって光速度が変化する。光学的異方体では、入射光は複屈折して、光の振動面が互いに垂直な2方向の偏光にわかれる。光学的異方体には1軸性結晶と2軸性結晶がある。1軸性結晶（正方晶系・六方晶系）の光軸は、どのような波長の光であってもc軸と一致するが、2軸性結晶（斜方晶系・単斜晶系・三斜晶系）では波長によって光軸方向が異なる。光学的等方体よりも光学的異方体1軸性、さらに2軸性となるにつれて、波長による吸収の差が著しいため、鉱物は鏡下で多色性を強く示す。光学的異方体であっても、粉末の肉眼視で白色～透明な鉱物（トパーズ・滑石）は、光の透過度が高く、光沢の有無を除いて条痕色が肉眼視と異なる。

不透明鉱物の場合は透明鉱物よりも複雑で、屈折率と吸収を同時に考えなければならない。不透明鉱物の結晶粒の内部には光が入らないため、表面反射が色を決定している（表面色）。しかし粉末にして半透明になると内部反射がおこり、入射した光が再び外に出てくると、表面色と異なる色相を呈するようになる鉱物がある。このような鉱物では、表面色と条痕色が異なる。不透明鉱物は光をよく吸収する。石墨はいくら細かく粉末にしても光を通さない。層間結合にともなって自由に動く電子が、ほとんどあらゆる可視部の波長を吸収するため黒く見える。金属光沢をもつ鉱物では、自由電子が全ての波長の光をよく吸収し、電子の強制振動によって強い光沢の反射光を生じている。鉱物によって吸収しやすい波長が異なる。不透明鉱物で、鉱物粒の表面色と微粉末の条痕色とが異なるものは、内部反射が特定の波長の光を吸収するからである。複雑な内部反射は光学的等方体よりも光学的異方体のほうがよりおこりやすい。

光学的等方体の不透明鉱物（金鉱・黄鉄鉱・磁鉄鉱・閃亜鉛鉱）は、 $30\mu\text{m}$ で鉱物特有の一定の条痕色を呈し、また実体顕微鏡で拡大しても同じ条痕色を観察することができた。一方、光学的異方体の不透明鉱物（黄銅鉱・赤鉄鉱）では、光の反射や屈折による散乱が著しく、 $20\mu\text{m}$ 以下にしなければ光の入射する角度によってさまざまな色相を呈し、その鉱物特有の条痕色を示さない。さらに、粉末の肉眼視で一定の条痕色を確認できても、鏡下では依然として光の入射角度による色相のばらつきが観察される。

### 3. 今後の課題

そもそも鉱物の色とは何なのか。光の干渉には結晶の原子配列や層間距離が関係する。その傾向が明らかになれば、それらの光の総体として鉱物の色は異なる。特定の波長の光で今回と同様の実験をおこない、傾向を確認することで解明したい。