

SK030に含まれる双晶ジルコンの立体的内部構造の解明と ゼノタイム,モナズ石との共生関係

村松敏雄*

Clarification of three-dimensional internal of twins zircon contained SK030 and the symbiotic relationship with xenotime and monazite

Toshio Muramatsu*

* 新潟大学大学院自然科学研究科 Grad. School of Natural Sci. and Tec., Niigata Univ.

はじめに

新潟県には新第三紀系～第四系の海成層が厚く堆積している。その中で第四系魚沼層群は中越地域に広く分布し多くの火山灰層を含んでいる。SK030は中部累層最上部にある層厚が12mある厚い火山灰層で下部より白ザラ部、黒ズナ部、雑色パミスの3枚組よりなっている。そのうち下部の白ザラ部は粗粒～中粒の白色パミス質火山灰層からなり上越火山灰層と呼ばれ堇青石やカミングトン閃石などの特徴的な鉱物を含有することにより対比に役立つ広域火山灰層にされている。また、SK030の重鉱物分析によって得られた鉱物中に微量のジルコンを含んでいるが、普通に見られる長柱状結晶の他に特異な形状をしたジルコンが観察された。このジルコンのなかで、扁平状で双晶の形態をもつものとしては非常に珍しいとされている。ジルコンの双晶の形態や内部構造などについてはカソード・ルミネセンスを利用した報告がなされている(村松：2010)。しかし、双晶ジルコンの内部構造に関してまだ詳しい検討がなされていなかった。そこで、今回できるだけ多くの双晶ジルコンを連続的に研磨しその断面をカソード・ルミネセンスで詳しく観察しながら内部構造を立体的な考察を試みた。さらに、重鉱物の中でジルコン以外にモナズ石、ゼノタイムなど火山灰としては非常に珍しい希少鉱物が見いだされ、それらの鉱物とジルコンが共生関係になっていることを見いだした。さらに、残された重鉱物を詳しく調べたその中からコランダムが存在が確認された。このような希少鉱物を含有するSK030は他で特異な火山灰層であることが分かってきた。

実験手法

SK030より採取した試料を重鉱物分析し比重4.0以上の鉱物をネオジウム磁石でFeを含む鉱物を

すべて取り除いた。最後に残った微量の鉱物を無作為に200粒子選び、スライドガラスに並べグリセリンで固定した。そのようにして得られた鉱物を偏光顕微鏡で観察した。次に、これらの鉱物に炭素蒸着を行い、走査電顕(SEM)及びEDSで個々の粒子の形状と組成を調べた。さらに、鉱物をスライドガラスに10mm四方のテフロン片を乗せ、約300°に加熱されたホットプレート上でジルコンを封じ込めた。このようなテフロン片を数片作った。

得られたテフロン片を炭素蒸着しカソード・ルミネセンス装置でジルコン結晶表面のCL画像を観察した。その後、ダイヤモンドペースト(1μ粒子)でジルコンの内部面を約5～6μmずつ研磨し炭素蒸着を繰り返し結晶の中心部を通る面まで連続的に内部をCL画像で観察した。平行して、別のテフロンを同じように中心部よりさらに深

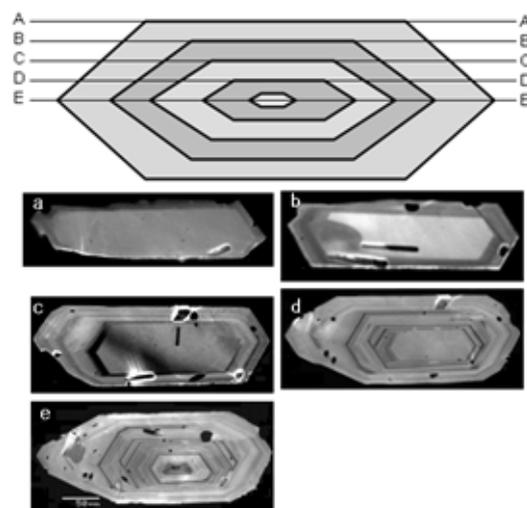


図1. 柱状ジルコンの模式断面図と各研磨面のCL画像。A-A～E-Eの各研磨面のCL画像がa～eの各写真に対応している。ただし、A-Aは未研磨の結晶表面で、E-Eは結晶の中心部を通る面である。

く研磨して反対側の表面近くまで行った。

双晶結晶の内部構造

ジルコン結晶の内部構造を調べるために研磨面をSEM-CLで観察すると累帯構造がはっきりとあらわれてくる。ジルコンの累帯構造は結晶中に含まれる不純物質の濃度変化によると考えられるので、中心部から外側に向かって結晶が形成される過程が縞模様としてあらわされてくる。結晶面の成長は一定の大きさになるまで続き最後に形成される結晶表層部はジルコンの成分である $ZrSiO_4$ を多く含む不純物質の少ない白色～灰色の結晶表面を作ることになる。図1に見られる一番外側にある表層部A-AのCL画像に全く累帯構造があらわれていないのはそのためである。また、b～dのCL画像で累帯構造のない面が小さく

変化していくことが観察されている。これは各成長段階で形成された結晶表面が研磨することによりあらわれたもので、内部結晶の成長した順をあらわしている。このことは、図1で結晶中心部を通る研磨面(E-E)に示される累帯構造eが結晶の誕生から最後の結晶表面までの成長過程を表していると考えられる。以上の説明は、双晶のない柱状ジルコンの内部構造をCL画像で考察したものである。それに対して、双晶ジルコンでは、複数の結晶が貫入したり（クサビ型）、結合したり（扇型）するため内部構造が複雑になっている。クサビ型双晶では板状に貫入している双晶の厚さが成長点に近いほど薄くなっていることが観察される。図2のIでは、貫入した結晶B、Cが観察されるがA、Dでは見られない。これはA、Dが表層部に近い研磨面であるためで、周辺部を除いては累帯構造が見られない。この関係はII型の場合も同じである。II-AはSEM画像で、二つの貫入結晶が主結晶に挟まれていることがわかり、この関係は模式断面図に示されている。扇型双晶はクサビ型双晶と比べて結晶が薄くなっているため累帯構造の見られない表層部が部分的にさらに薄くなっており、研磨すると内部面が直ぐにあらわれてくる。図3のII-Bでは研磨すると中心部（成長点）から一番外側まであらわれるが、I-Bでは一部しかあらわれない。さらに研磨したI-Cになると全面が観察されている。このことは模式断面図に見られるように、Iは双晶が真ん中から徐々に成長して行くタイプ（左図）、IIは表層部と双晶が平行して成長していくタイプに分け

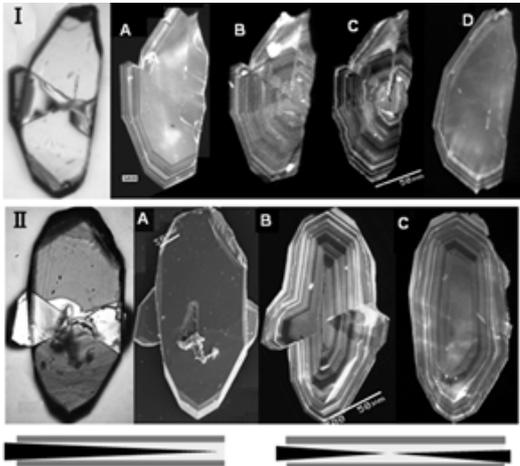


図2. クサビ双晶の連続CL画像。IはクサビI型、IIはクサビII型。両方とも左側は偏光顕微鏡画像。IIのAはSEM画像。一番下の二図は貫入結晶方向からの模式断面図。

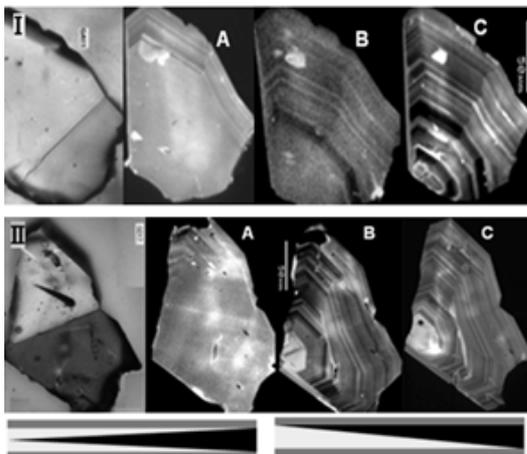


図3. 扇型双晶の連続的CL画像。I, IIの左は偏光顕微鏡画像。下の二つは双晶面に平行な模式断面図。

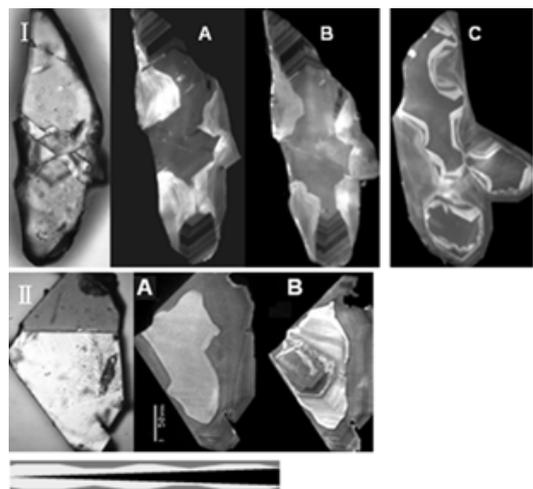


図4. 凹凸が見られる表層部の連続CL画像。Iはクサビ型双晶のCL画像ただしCは別のクサビ型双晶。IIは扇型双晶のCL画像左は偏光顕微鏡画像。下はIの模式的断面図。

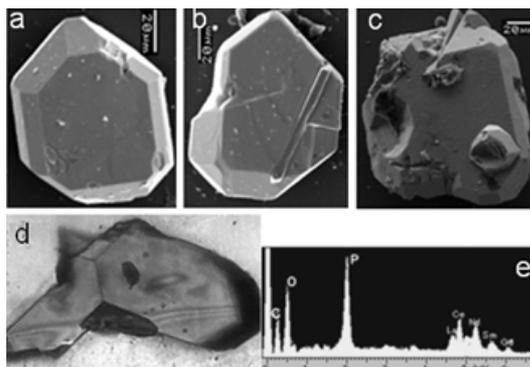


図5. a-cはモナズ石のSEM画像. dは生物顕微鏡画像(研磨面). eはX線分析図.

られると考えられる. 次に図4に見られる波状模様の表層部が一部の双晶に観察される. このような模様はくさび型,扇型双晶のいずれにも観察される. この表層部を研磨していくと次第に波状模様が消えて下から累帯構造を持つ面があらわれる. ことにより表層部は図4の模式断面図のように凹凸状になっていると考えられる.

含有希少鉱物

SK030から双晶ジルコンの他に放射性鉱物として知られているモナズ石,ゼノタイムの他にコランダムなどの希少鉱物が発見された. 本来これらの鉱物は花崗岩のような酸性火成岩の副造岩鉱物として見いだされることがある. しかし,火山灰層の中にこれら3種類の鉱物が同時に見いだされることは非常に珍しいことである.

モナズ石は図5の写真に見られるように約100 μm の大きさを持つ自形結晶である. モナズ石の化学成分は $(\text{Ce,La,Nd})\text{PO}_4$ で,結晶としては単斜晶系であるが,ジルコン(ZrSiO_4)の結晶構造(正方晶系)が類似しているため両者は共生関係を持つことがある(図5-b,d). モナズ石がジルコンを取り込む場合(b,c)と逆にジルコンがモナズ石を取り込む場合がある(図5d).

ゼノタイムの化学成分は YPO_4 ,斜方晶系の結晶で,ジルコンに似た形状をとるためジルコンに取り込まれることが多い. 図6のa,bに見られるように顆粒状で双晶ジルコンに入り込んでいるのが

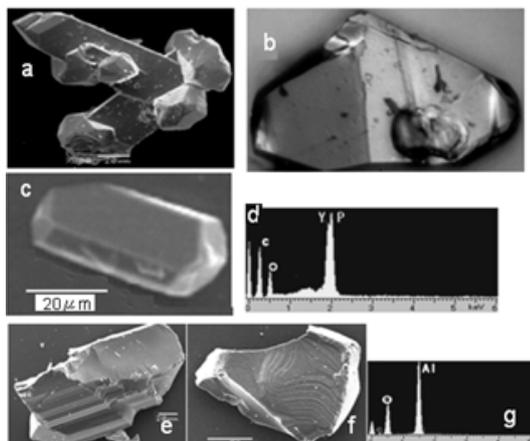


図6. a,cはゼノタイムのSEM画像. bは偏光顕微鏡画像. dは, X線分析図. e,fはコランダムのSEM画像. gは, X線分析図.

よく観察される. 自形で単独に結晶する場合は少ないがまれに50 μm 程度の微小結晶として観察される. このようにジルコン,モナズ石,ゼノタイムは結晶構造が類似していることによってお互いに共生関係にあり同一起源であると考えられる. ただ,コランダム(図6 e-g)については量的に多く見つかるが自形を示すものが見つからないことや共生関係を持つ鉱物が見つからないことを考えるとジルコンなどと同じ時期に形成されたものか今後検討をしていく必要がある.

まとめ

SK030に含まれる双晶ジルコンをSEM-CLで連続的に内部観察を行った結果, 立体的構造の一面がわかってきた. またSK030にはジルコン以外にモナズ石などの希少鉱物が産出することからSK030は特異な火山灰層であり対比に役立つ広域火山灰層である.

参考文献

村松敏雄(2010),カソード・ルミネセンスによる双晶ジルコンの内部構造と形成過程. フィッション・トラックニューズレター, 23, 36-39.