



表1 十日町市川西町SK030凝灰岩のF.T年代

sample-name	zircon	$\rho s$ (Ns)	$\rho i$ (Ni)	$\rho d$ (Nd)	PI ( $\chi^2$ )	U content	F.T age (Ma)
SK030-tuff	85	0.75 (277)	1.86 (6871)	7.607 (3654)	37.9	316	1.10±0.1

$\rho s$ : 自発飛跡密度 ( $10^5/cm^2$ ), Ns: 自発飛跡総数,  $\rho i$ : 誘発飛跡密度 ( $10^6/cm^2$ ), Ni: 誘発飛跡総数,  $\zeta=374.2$   
 $\rho d$ : 962a誘発飛跡密度 ( $10^4/cm^2$ ), Nd: 962a誘発飛跡総数, P( $\chi^2$ ): カイ2乗検定, U含有量: ppm

表2 ジルコンの形状分類表 (数値は%)

Tuff-name	A type	B type	C type		D type	
			Ca	Cm	Da	Dm
SK030	0	90	4	0	6	0
SK110	4	4	2	2	45	43
Irajima	72	5	6	12	2	3

示してあるが、明らかに形状の違いが見られる。

SK030のジルコンには、長柱状の結晶の他に双晶を伴った扁平なジルコンが見られ事が最近知られるようになってきた。扁平で双晶を示すジルコンは上で述べたBタイプの結晶の一部で、m面が全く見られず、a面が大きく発達したものである。このような扁平な双晶を持ったジルコンを含む凝灰岩及び火成岩はに珍しいものとされており、今のところ新潟県内では、SK030と阿賀野川流域に見られる沼沢パミス凝灰岩だけである。今まで、ジルコンの双晶についての研究はほとんどなされていないが、寺崎(1985)が沼沢パミス凝灰岩について報告している。今回報告するSK030にも類似した双晶を伴ったジルコン多く含まれている。そこで、今回はできるだけ多くのジルコンを取り出し、双晶の詳しい形態を観察した。

### ジルコンの双晶

大量の試料を処理し、得られたジルコンから結晶のきれいな粒子を約1000個を摘出して長柱状結晶、扁平結晶、双晶結晶の割合や形態の観察を行った。その結果、長柱状結晶、扁平結晶、双晶結晶の割合は約40%、20%、40%となり、ジルコンの半分近くが双晶であることがわかった。また、双晶については100粒子をえらんで厚さを求めたが、ほとんどが20~30 $\mu$ に集中した。さらに、それらの結晶の扁平率(厚さ(a軸)/短径(b軸))を求めたが0.15~0.25に集中した。

一般的に、双晶の特徴は複数の結晶が一定の結晶学的方位の一部を共有しながら規則的に結合したものである。結晶軸や双晶面などの特定な角度が双晶鉱物の種類によって異なっている。しかし、図3に見られるように、結晶が無秩序にいくつも結合したりして結晶や結合面に規則性をも

たない群晶や二つの結晶が機械的に平行或いはそれに近い角度で並んでいたり、また同一結晶内で先端が二つに分かれているような平行連晶などは双晶として扱われていない。

SK030のジルコンの双晶は、詳しく観察すると多種多様な形を示しどれ一つ同じものが見つからない。そこで、はっきりとした双晶の見られるジルコンを整理して大きく二つのグループに分けることにした。一つは図4~図7で見られるように扇状に二つの結晶が結合してできた双晶と図8~図12で見られるように一つの結晶に複数の結晶がクサビ状に入り込みできた双晶である。前者を「扇型双晶」、後者を「クサビ型双晶」(いずれも仮称)と呼ぶ事にした。



図3. ジルコンに見られる群晶と連晶

### 扇型双晶

扇型双晶は図4、5で模式図に示したように、柱面a面(110)が大きく発達した扁平な二つの結晶が双晶面を境に面対称として扇状の形態として観察される。このとき両者の結晶軸(c軸)は115°になっており、また結晶軸と双晶面とは約57°で接して双晶を形成している。このときの双晶形状は水晶に見られる「日本式双晶」に類似している。この扇型双晶はさらに形状の違いから二つのタイプに分類した。タイプIの双晶は図4の①にあるように下側の錐面にx面の発達した扁平なジルコンが点線の部が65°閉じることによりその面が双晶面となって②のような双晶が形成されたように見える。また上側のa面(110)が115°で交わっており、下側の錐面(x面)では外側の角度が170°になっている。ジルコンの双晶は模式的には②のように左右対称(面対称)になっているが、顕微鏡下で観察されるタイプIのジルコンは、図6の写真のように左右対象のものは少なく、中央の双晶面がずれていたり、片方の結晶のp面及びx面が消えていたり或いは小さくなったり一つとして同じものがなく異常な形状をしてい

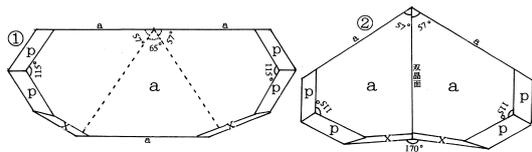


図4. 扇型双晶(タイプ I) (模式図)

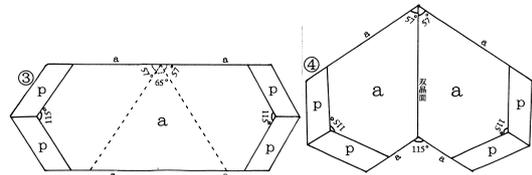


図5. 扇型双晶(タイプ II) (模式図)

るものが多数観察された。

同じように図5で見られるタイプIIの扇型双晶は、Bタイプの長柱状扁平ジルコン(③)の上側のa面が115°に、また下側のa面も115°になっていて④のような双晶を形成している。実際に顕微鏡で観察されるものは、模式的な双晶は少なく図7の写真のような不規則なものが多く、I IIのどちらのものか区別が付きにくい場合もあった。今回検鏡したジルコンの約30%が扇型双晶であったが、その約90%がタイプIで、タイプIIは少なかった。

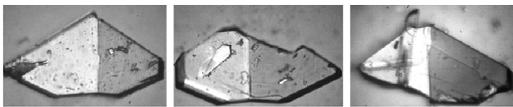


図6. 扇型双晶 (タイプ I) の顕微鏡写真(×400)



図7. 扇型双晶 (タイプ II) の顕微鏡写真(×400)

### クサビ型双晶

ジルコンの双晶で一番多いのがクサビ型双晶であり、全体の約50%を占めている。クサビ型双晶は、扇型双晶と同じように非常に多様な形をしているが、形状の違いから二つに分類した。ジルコン結晶の柱面 (a 面) にクサビ状の結晶が一つ入り込んで双晶になっているタイプを「クサビI型双晶」、同じようにクサビ状の結晶が二つ入り込んでいる「クサビII型双晶」(仮称)とした。

クサビ型双晶は、長柱状或いは扁平状結晶が別の結晶と結晶軸を互いに115°を保ちながらクサビ状に貫入しその先端が双晶面になっているよう

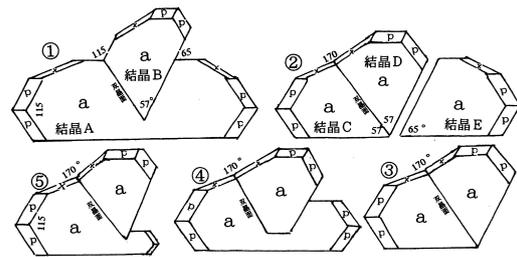


図8. クサビI型双晶の模式図(扁平状結晶)

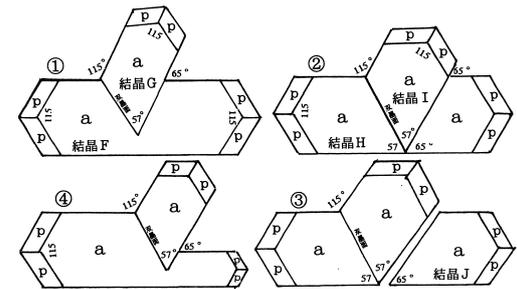


図9. クサビI型双晶の模式図(長柱状結晶)

な形状をしている。模式的な図8に見られるように、扁平な結晶Bが結晶Aに、図9では長柱状結晶Gが結晶Fに貫入したような形状をしている。さらに、結晶が深く入り込み底辺の結晶面 (a 面) に達すると扇型双晶に変化したように見られる(図8の③, 図9の②)。そのとき切り離された結晶E, Jがときどき見いだされる。貫入した結晶は扁平で薄く厚さが約10~15 $\mu$ であり、暑さ20~30 $\mu$ の下に結晶の中にサンドイッチ状に挟まれたような状態で観察され、さらに下の結晶に入り込んでいる部分を偏光顕微鏡で観察

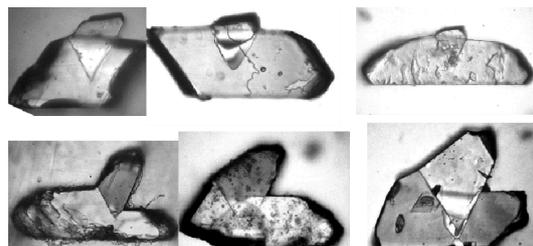


図10 クサビI型双晶 (下はハサミ型の顕微鏡写真)

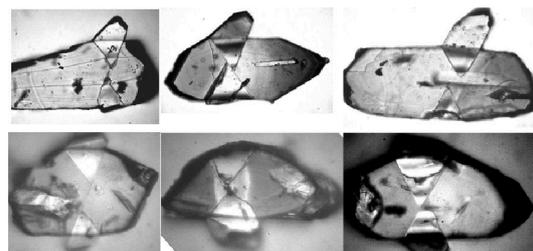


図11. クサビII型双晶の顕微鏡写真(×400)

すると虹色の干渉色を呈することより結晶内部に行くほどに薄くなると考えられる。クサビI型双晶には上述したものと形態が少し異なる、図8～9の④、⑤にあるように貫入した結晶が大きく成長してハサミのような形状をしたもの（ハサミ型）が観察される。両方の結晶は同じように115°で交叉しており双晶の関係になっている。この結晶は、扇型双晶とクサビ型双晶との中間に位置する結晶と考えられる。クサビI型の双晶はクサビ型双晶のなかで約60%を占めている。

クサビII型双晶は図12の模式図と図11の顕微鏡写真に見られるように扁平状の結晶に小さな二つの結晶が両方から貫入しているような形状をしている。この二つの結晶は貫入した方向が正反対になっており、双晶面が互いに平行か或いは同一面になっている。この、二つの結晶はI型と同じように薄く挟まれた状態で先端ほどに薄くなっている。また、一部の結晶では両方が細く線でつながっていたり或いは完全に結合したように見られるものもある。これは、ジルコンの結晶或いは双晶の生成過程に関係があると考えられる。

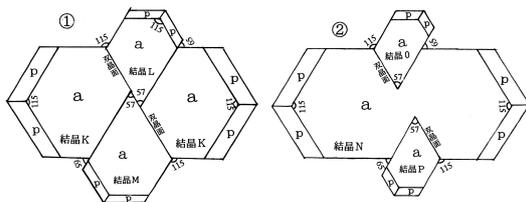


図12. クサビII型双晶（模式図）

## まとめと考察

双晶ジルコンは、県内ではSK030と沼沢パミスタフだけにしか見いだされていない珍しいもので、いずれも更新世中期～後期の火山活動で形成された火山砕屑物が陸上或いは海底に堆積されたものである。SK030のジルコンの双晶は、特徴的な形状をもつものが多数観察された。双晶を形成する結晶の結合のしかたによっていろいろな双晶が形成された。それを整理して「扇型双晶」と「クサビ双晶」の二つのタイプに分類できた。これらは、まったく違った形状をしているが中間型も多く見られた。この事は、双晶形成に何らかの関連があると考えられる。これらの課題を解決するためには、今後、SK030以外の双晶ジルコンのを比較検討を行いながら双晶の形成過程を結晶構造の仕組みをミクロな視点で調べていきたいと考えている。

## 参考文献

- Pupin, J.P. (1980). Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 206-220
- 寺崎紘一 (1986), ジルコンの沼沢式双晶(仮称)と沼沢火山の活動(演旨), 日本地質学会第103年学術大会講演要旨, 272-272
- 村松敏雄 (1990), ジルコンの形状による火成岩の生成温度, 新潟県立教育センター報告, 121, 47-50