

新潟県胎内市持倉産水晶の成因

大場 孝信*・内野 聡子**・永田 覚***

(平成23年9月30日受付；平成23年11月8日受理)

要 旨

新潟県胎内市持倉の両錐水晶は晶洞を埋める粘土の中に産出する。両錐水晶は母岩であるチャートが熱水の熱により溶解し、水晶が成長することで粘土鉱物が分離し、生成したと考えられる。このため晶洞の底に落下せず、両錐水晶が生成したと思われる。水晶が晶出した温度は石英、イライト、緑泥石、長石の鉱物組合せから200～300℃と思われる。また、持倉の柱状の日本双晶を持つ水晶をはじめて報告する。

KEY WORDS

Double 6 sided pyramids 両錐 Druse 晶洞 Japanese twin 日本双晶 Rock crystal (crystal of quartz) 水晶

1 はじめに

石英は造岩鉱物として多くの岩石中に見られる。また結晶面を持った石英としての水晶は熱水鉱床やベグマタイト鉱床など多くの報告があり、普通に産する鉱物である。しかし新潟県胎内市持倉で産出するような両錐水晶の産出は比較的少ない。このデータのほとんどは著者の1人の内野(2007)の卒業論文に報告されたものであるが、この両錐水晶の成因について十分考察されていなかった。また新たな調査で採集した日本双晶を持つ水晶について初めて報告する。

2 産状

新潟県胎内市持倉周辺は古生代から中生代の泥岩・砂岩・チャートなどが分布している。火成活動として白亜紀の花崗岩、また中新世の後期に流紋岩や凝灰岩の酸性の火成活動が見られる(新潟県地質図改訂委員会, 2000)。水晶はチャート中にできた晶洞中に見られる。水晶の胚胎する母岩のチャートはクラックが発達しており、クラックの間隙を粘土が埋めている。また数cmの石英脈がクラックに沿って見られることもある。クラックの間隙は粘土が多く詰まっている。所々、大きな粘土に満たされた晶洞になっていることがある。この晶洞の粘土の中に両錐水晶が産出する。晶洞Aが最も大きく横25cm縦20cm奥行40cm程あった。晶洞Fは割れ目に沿った石英脈に沿ったわずかな空隙であったが、壁から成長した水晶のみで、両錐水晶は見つからなかった。モデル化したスケッチを図1に示す。その他の晶洞の入り口の広さはE, G, Hでそれぞれ縦14cm横20cm, 縦20cm横18cm, 縦15cm横20cmで、それほど変わらなかったが、奥行は数cmで晶洞Aに比べると狭かった。水晶の間に見られる粘土は、細かい石英が混ざりざらざらしたもので、鉄に富む赤褐色のもの、非常になめらかな粘土質のものなどであった。またクラックに沿って赤褐色のさらに色の濃い数mmの細脈が見られる。

図2aの写真は晶洞Aの上盤に成長していた水晶で、結晶がチャートから成長している。このように大きく取り出したものはまれであるが、多くの水晶が母岩のチャートから成長している。

図2bの写真は水晶でいろいろなタイプを示す。両サイドに1つの錐を持つ結晶は晶洞Aでは40個のうち20個で、晶洞E, Gは10個のうち8個であった。晶洞Hでは11個のうち2個のみが1:1であった。全体の60%位がこのタイプの水晶であった。最大で2つに対して反対側に8個の錐を持つ水晶も見られた。図2の4の結晶は3個の結晶が新たに成長している。図2の1や9のように双晶も見られた。双晶であるため2つの錐が両側に見られるものもあった。これらの両錐を持つ水晶はいずれも粘土の中から取り出したもので、粘土の中で成長したものと考えられる。図2bの2は片錐水晶で反対側の錐はできていない。晶洞の中よりチャートが破碎された小さな粘土で埋まった隙間で見つかることが多い。岩手県玉川鉱山でも脈に黒い粘土が詰まっており、そこから両錐水晶が産出することが知られている。

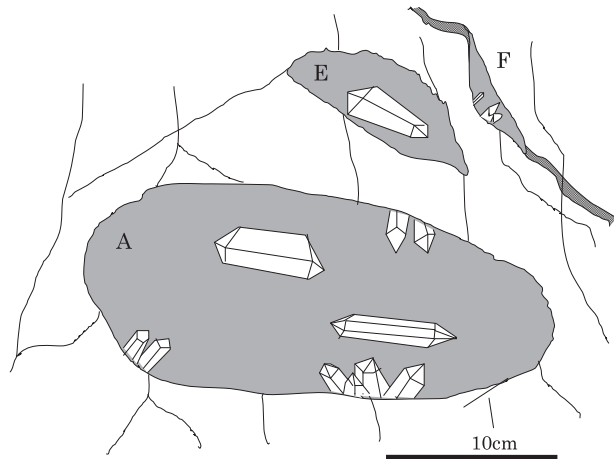


図1 産状のスケッチ

灰色の部分粘土の詰まった晶洞。晶洞A, Eで粘土の中に両錐水晶が産する。晶洞Fでは両錐水晶は観察されなかった。

- 石英脈
- 粘土で満たされた晶洞

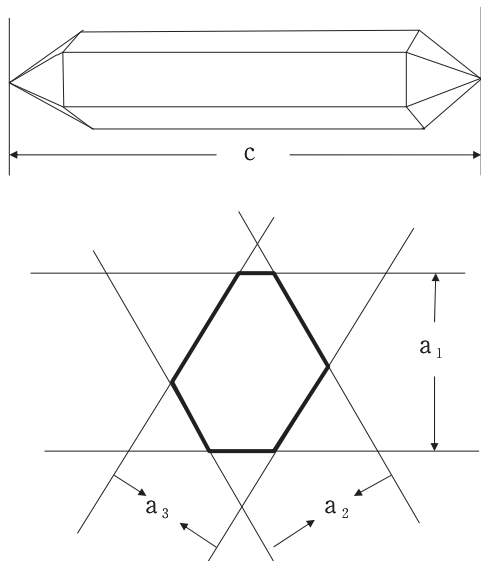


図3 水晶の測定した箇所

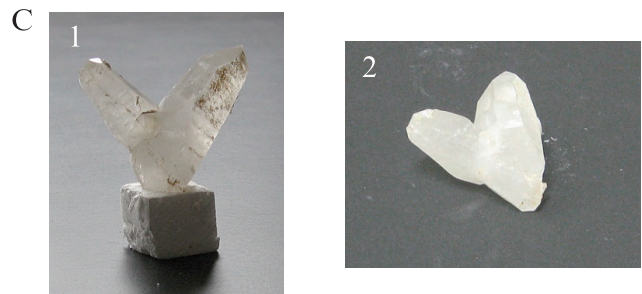


図2 晶洞に産する水晶の写真

- a. 晶洞Aの外壁に成長した水晶（母岩はチャート）
- b. 晶洞の粘土の中で成長した水晶 双晶した水晶も見られる。
- c. 日本双晶
黄色の紙の長軸が5 cm 白い立方体の一辺が2 cm

水晶に付着した粘土は水洗いしても簡単に落ちない。粘土を取り除くため薄い溶液のシュウ酸に漬け、60℃で保温洗浄をおこなった。シュウ酸により中には表面が多少白濁したものもあった。チャートから成長した水晶の根元から数cm不透明部分をもち、その後透明となった水晶もあったが多くは透明の結晶であった。両錐水晶のほとんどは透明であった。図2cの1と2は同じものであるが光線の具合で白く見えている。

図2cの水晶は図2の9の水晶を拡大したものである。1の写真は右の柱状結晶に左柱状の結晶が成長したように見えるが、底面から観察すると真中の接合面を対象に柱状結晶が成長している。2本の結晶のc軸の傾きは約85°で日本双晶の理論的2軸の角度の84°33.4′とほぼ同じである。長崎県五島列島奈留島で見られるような扁平な水晶ではない。日本双晶はすでに30か所以上の産地からの報告があり、特にめずらしいものではない。

3 実験結果

3.1 長軸と短軸の関係

水晶の成長の変化をみるため長軸と短軸の長さを計った。錐から錐のc軸の長さをcとし、六角柱の平行する面と面をなす長さで一番長いものを a_1 、一番短いものを a_3 とし、計測した(図3)。図2bの7で見られるように六角柱が一樣でない結晶は太い場所と細い場所の真ん中付近で計測した。晶洞A, E, G, Hから産出したcの長さの最も長いのはそれぞれ8.6cm, 3.6cm, 2.3cm, 6.9cmであった。晶洞AとHから大きな結晶が見つかった。晶洞のGの水晶は小さな結晶が多かった。

図4a, bはcとaの長さの関係を示す。c長さ: a_1 長さは直線3:2から直線5:1の範囲で、c長さ: a_3 長さは直線2:1から直線5:1範囲にある。c: a_1 が直線3:2付近は短柱状に見え、直線5:1付近では長柱状に見える。晶洞Aから採集した結晶は直線1:2上にプロットされる結晶も多いが、それから外れる結晶も多く見られる。図4cは a_1 と a_3 の長さの関係を示す。1つを除いて直線1:2を越えておらず、直線1:1と直線1:2の間にプロットされる。直線1:1は正六角柱を示す。直線1:1と直線1:2の線上近くに多くの結晶が見られる。扁平な結晶が少ないことを示す。

3.2 晶洞内の粘土鉱物の同定と水晶の格子定数

晶洞A, E, G, F中にある粘土の鉱物をX線粉末回折法で同定をおこなった。また水晶の格子定数を測定した。これらの測定は上越教育大学にあるX線粉末回折装置(Ultima IV)を使用した。図5にCuK α 2 θ を2~20°と2~40°の範囲のX線粉末回折パターンを示す。図5aは晶洞Aの水化する前の粘土のX線粉末回折パターンであり、わずかにイライト(熱水成因の場合セリサイトということがある)があるが、石英の強度が強いことがわかる。他の晶洞の粘土も同じような線粉末回折パターンである。

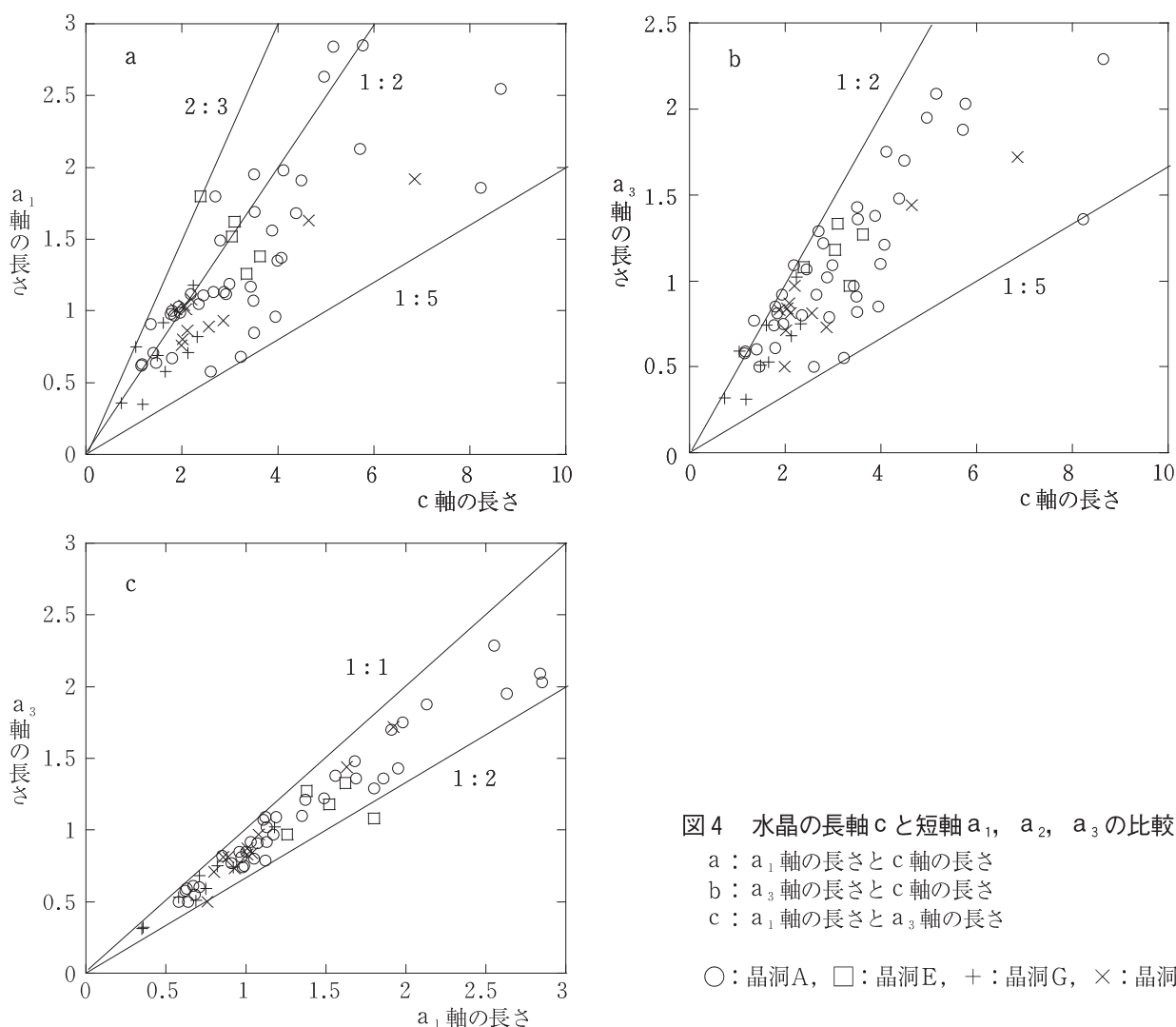


図4 水晶の長軸cと短軸 a_1 , a_2 , a_3 の比較

- a : a_1 軸の長さ と c 軸の長さ
- b : a_2 軸の長さ と c 軸の長さ
- c : a_1 軸の長さ と a_3 軸の長さ

○ : 晶洞A, □ : 晶洞E, + : 晶洞G, × : 晶洞H

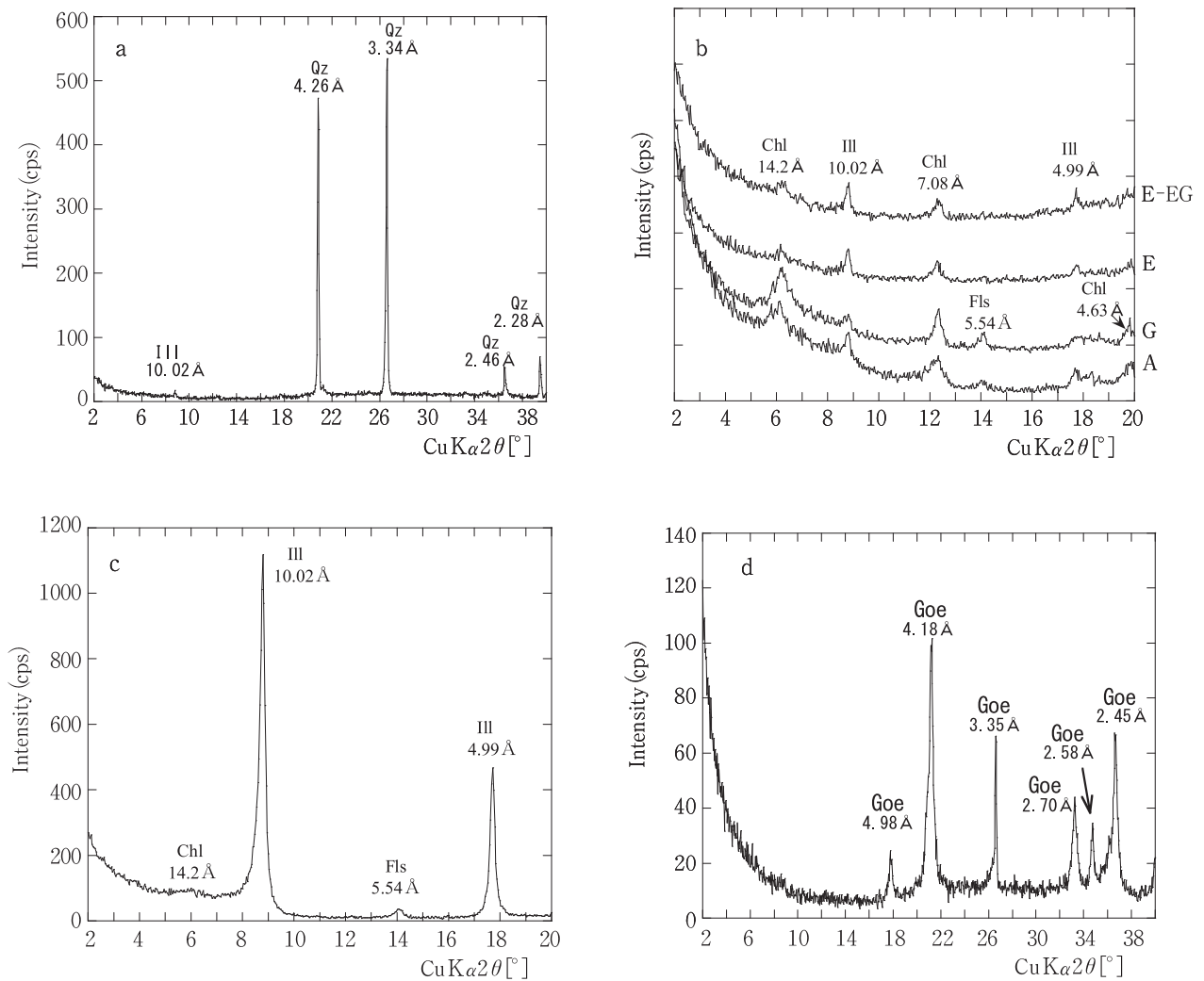


図5 晶洞内の粘土のX線粉末回折パターン

- a. 晶洞Aの水ヒする前の粘土のX線粉末回折パターン
 b. 晶洞A, 晶洞G, 晶洞E中の粘土 EG: エチレングリコール処理をしたもの
 c. 晶洞F中の粘土のX線粉末回折パターン
 d. 赤い粘土のX線粉末回折パターン

Chl: 緑泥石 Fls: 長石 Goe: ゲーサイト Ill: イライト Qz: 石英

図5bを見ると晶洞A, E, Gの粘土鉱物のX線粉末回折パターンは似ている。14.2Åと7.08Åのピークは緑泥石(Chl), 10.0Åと4.99Åのピークはイライト(Ill)で5.54Åの長石(Fls)のピークが見られる。図5bの一番上のパターンE-EGは晶洞Eの粘土鉱物をエチレングリコール処理後、X線粉末回折をおこなったものである。スメクタイトと混合層をつくと緑泥石の14.2Åピークやイライトの10.0Åピークの位置は低角側に移動する。図5bで示すように14.2Åと10.02Åのピークの位置は移動していない。このことからスメクタイトとの混合層が緑泥石にもイライトにもないことを示す。

図5cは晶洞FのX線粉末回折パターンを示す。他の晶洞の粘土鉱物のパターンと違いイライトのピークが卓越する。粘土鉱物の組み合わせは他の晶洞と同じであるが、イライトが多いことがわかる。

図5dはチャートの中のクラックに沿って見られる赤い縞状の部分のX線粉末回折パターンである。全てのピークがゲーサイト(針鉄鉱)のd値と一致する。図5aの晶洞A粘土のX線粉末回折パターンは、わずかにイライトがあるが、ほとんどが石英であることがわかる。この図を見ると石英のピーク4.26Å, 3.34Å, 2.46Åがゲーサイトの4.18Å, 3.35Å, 2.45Åと重なっている。このためX線粉末回折パターンから石英がないと言うことは難しい。この赤色粘土の化学組成のSiO₂が30.09%であり、ゲーサイトの化学組成がFeO(OH)であることから石英がはいっていると思われる。

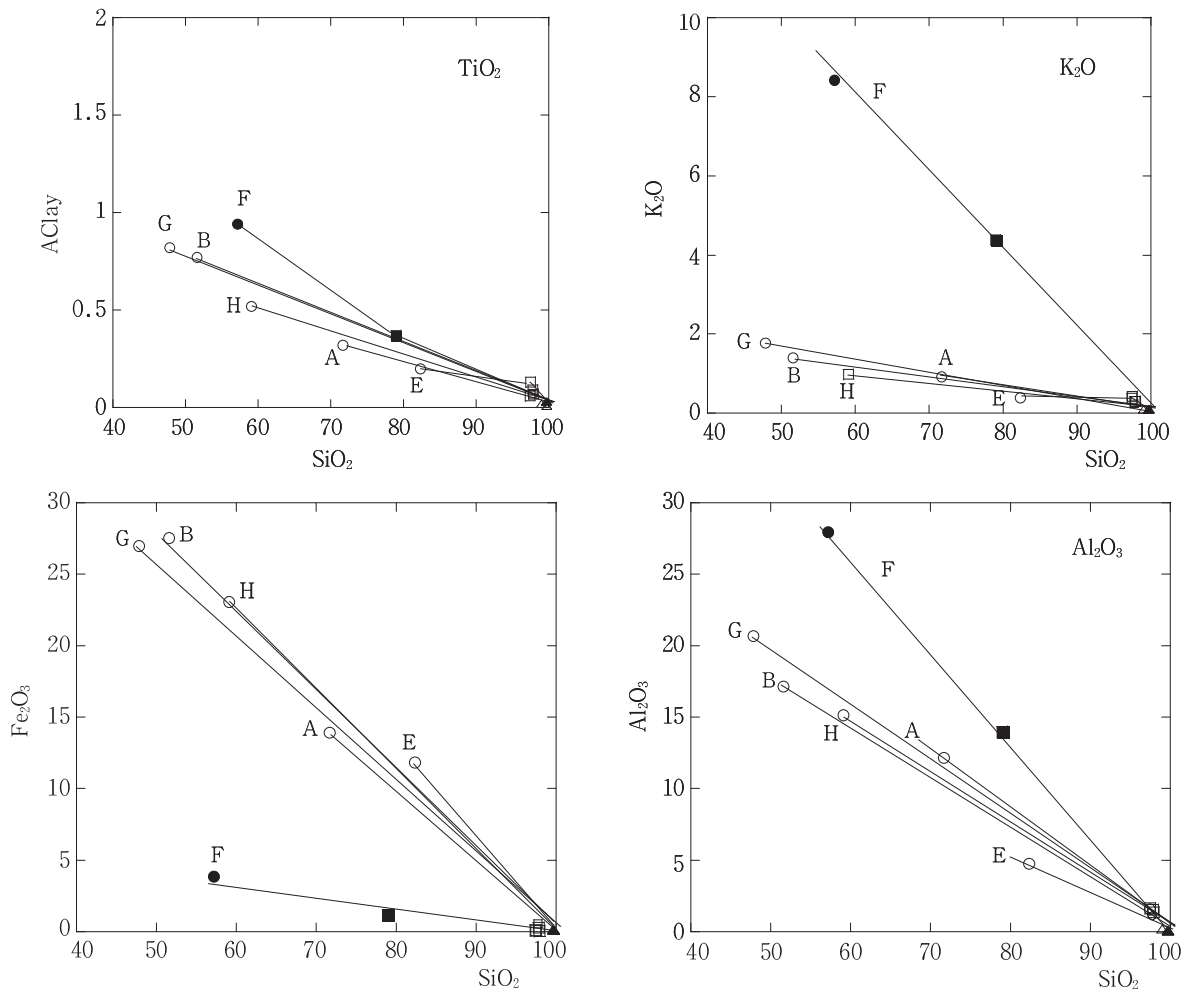


図6 晶洞A, B, E, F, G, Hの粘土, 外壁のチャート, 水晶の化学組成を横軸にSiO₂にとり, 縦軸に酸化物(TiO₂, K₂O, Al₂O₃, Fe₂O₃)で比較した。

○: 粘土, □: チャート, △: 水晶, 黒塗りのものは晶洞Fのものである。

4 考察

新潟県胎内市持倉に産する両錐水晶は母岩であるチャートにできた晶洞から産する。水晶に液相と気相の二相のインクルージョンがみられることから熱水が関与したものと思われる。胎内市持倉周辺の火成活動は白亜紀の花崗岩の侵入や中新世後期の流紋岩や凝灰岩の酸性火成活動によりできたとされ, 村上のセリサイト鉱床は中新世後期の火成活動でできたと報告されている(吉村・石塚, 1989)。しかし中条周辺のスメクタイト鉱床はその後の続成作用によるもので, 流紋岩や凝灰岩の火成作用でできたものでないことが報告されている(武司 他, 1967; 宇野・武司, 1979)。

持倉産の水晶はチャートの晶洞中に生成されているため花崗岩等の晶洞にできるペグマタイト条件下でできたものではないことが産状からわかる。日本双晶をもつ水晶として有名な乙女鉱山はペグマタイト鉱床にできており, 長崎県五島列島高奈留島の水晶は熱水のものである(秋月, 1993)。日本双晶の水晶が産出することはペグマタイト鉱床か熱水鉱床かを定める基準とはならない。

井上(2000)は石英や長石をもつ岩石は500℃を越える温度では塑性変形をおこし, 開口割れ目はできにくいとし, また300℃位になると黒雲母などが主体となる変成作用がはじまると述べている。白水(1988)が述べた堆積岩の続成作用による変質鉱物と温度の関係を基に井上(2000)はスメクタイト/イライト混合層鉱物がイライトに変わり, スメクタイト/緑泥石混合層鉱物が緑泥石に変わる温度を150~200℃付近であると報告している。またオパールCTから石英に変わる温度を約100℃とした。瀧本(1989)は浅熱水鉱床(50~200℃)で乳石英や細粒緻密なオパール

ルであることも多いことを述べている。持倉の水晶もチャートから成長した部分で白色の不透明の部分もあるが、両錐水晶は透明で白濁していない。不透明の部分の岩石薄片を偏光顕微鏡で観察すると細かいクラックや液体と気相の2相インクルジョンが見られ、オパールCTではなかった。水晶のX線粉末回折線から求めた格子定数や半価幅からもこのことを指示する。

歌田(1983)は変質帯の中性帯における混合層粘土鉱物帯から絹雲母(イライト)帯の変移は酸性帯におけるカオリナイト帯からパイロフィライト帯の変移に対応していると述べている。Hemley(1959)はシリカ飽和状態でのカオリナイトからパイロフィライトの相転移は300~420℃と報告した。歌田(1983)は他の鉱物組合せから自然界においてこの転移温度は低温側にずれる事を示唆し、熱水合成実験を厳密な温度として使えないことを述べている。松田・逸見(1974)黒崎・松田(1974)らは Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O 系で0.1と0.2GPaの合成実験から石英存在のもとカオリナイトからパイロフィライトの転移を270℃とした。

以上のことから持倉の水晶の生成温度は共生する粘土鉱物の組み合わせから生成温度は200℃~300℃位と考えられ、熱水環境でできたことを示す。

次に熱水溶液が直接関与したか考察する。石英の晶出したチャートや粘土の中に黄鉄鉱などの硫化鉱物は見られない。このことは熱水溶液が直接関与していない事を示している。また母岩のチャートと熱水変質作用により生成した粘土と水晶の化学組成から支持される。チャートが熱により、チャートの中に含まれていた水とともに一度局所的に溶解する。水晶の晶出生成にともないチャートから粘土成分が残っていく。このためチャートの化学組成は石英と粘土物質の化学組成の間にある。 SiO_2 成分でみれば、チャートから SiO_2 が100%に近い石英が生成していくと、残りの物質粘土の SiO_2 は少なくなっていくことである。

熱水活動初期には対流系はまだ不完全で、熱伝導による岩石卓越型の変質作用がおこることは知られている(歌田, 1983; 白水, 1988; 井上, 2000)。持倉は熱水の対流がまだ不完全な時にできた熱水変質によってできたと思われる。

さいごに

上越教育大学の山縣耕太郎博士には論文を書くにあたり、貴重なご意見を頂き、心から感謝申し上げます。

水晶の産出場所を地図上で明らかにしないのは、これまで報告した後、多くの場合で採掘が行われ、地元に多大なご迷惑をおかけしたためである。

引用文献

- 秋月瑞彦(1993)山の結晶—水晶の鉱物学—, 裳華房 148頁
 Hemley, J. J. (1969) Some mineralogical equilibria in the system K_2O - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O . Am. J. Sci., 257, 241-270.
 井上厚行(2000)粘土鉱物の産状と成因, 133-148, 「粘土科学への招待 須藤談話会編」共立出版株式会社 292頁
 黒崎誠・松田敏彦(1974)カオリナイトとパイロフィライトの平衡境界, 粘土科学討論講演要旨, 36, 54-55.
 松田敏彦・逸見吉之助(1974)カオリン, パイロフィライトの平衡境界, 日本鉱物学会講演要旨集, 14, 14p
 新潟県地質図改訂委員会(2000)新潟県地質図(2000年版)
 白水晴雄(1988)粘土鉱物学, 朝倉書店, 185頁
 瀧本清(1969)鉱床学, 丸善, 341頁
 武司秀夫・藤井紀之・藤貫正(1967)新潟県中条町のいわゆる「酸性白土鉱床」の産状と鉱物組成, 粘土科学討論会講演要旨集, 6, 26p
 内野聡子(2007)新潟県胎内市持倉産水晶の成因と鉱物化学的研究, 上越教育大学卒業論文, 59頁
 宇野泰章・武司秀夫(1979)新潟県北部のモンモリロナイト鉱床周辺の流紋岩および凝灰角レキ岩, 粘土科学討論会講演要旨集, 23, 26p
 歌田実(1983)鉱床母岩の変質 145-158, 立見辰雄編「現代鉱床学の基礎」東京大学出版会, 257頁
 吉村尚久・石塚雄人(1989)村上粘土鉱床周辺変質帯のフェリエライト, 粘土科学, 29, 179-186

The origin of the rock crystal (crystal of quartz) from Motikura, Tainai city, Niigata Prefecture.

Takanobu OBA* · Satoko UCHINO** · Kaku NAGATA***

ABSTRACT

The rock crystal with double 6 sided pyramid occurs in clay materials in druse of chert from Motikura, Tainai city, Niigata Prefecture. After chert dissolves by heat of hydrothermal action, rock crystal grows up from dissolved materials, and clay minerals separate. As there are clay materials among rock crystals, crystals do not fall to the bottom of druse. Therefore, the rock crystal with double 6 sided pyramid crystallized.

We suggested on the base of the mineral assemblage of quartz, illite, chlorite and feldspar that the temperature of crystallization of rock crystal is from 200 to 300°C.

We report the rock crystal with Japanese twin from Motikura, Niigata Prefecture for the first time.

* Natural and Living Science ** Graduate of Joetsu University of Education (College of Education)

*** Shibata city Tachikawahigashi Junior High School