

韓国東南部のろう石鉱床 —密陽・デュモルチエライトの産出地—

須藤定久¹⁾・金 炆榮²⁾・高 尚模²⁾・高木哲一¹⁾

1. はじめに

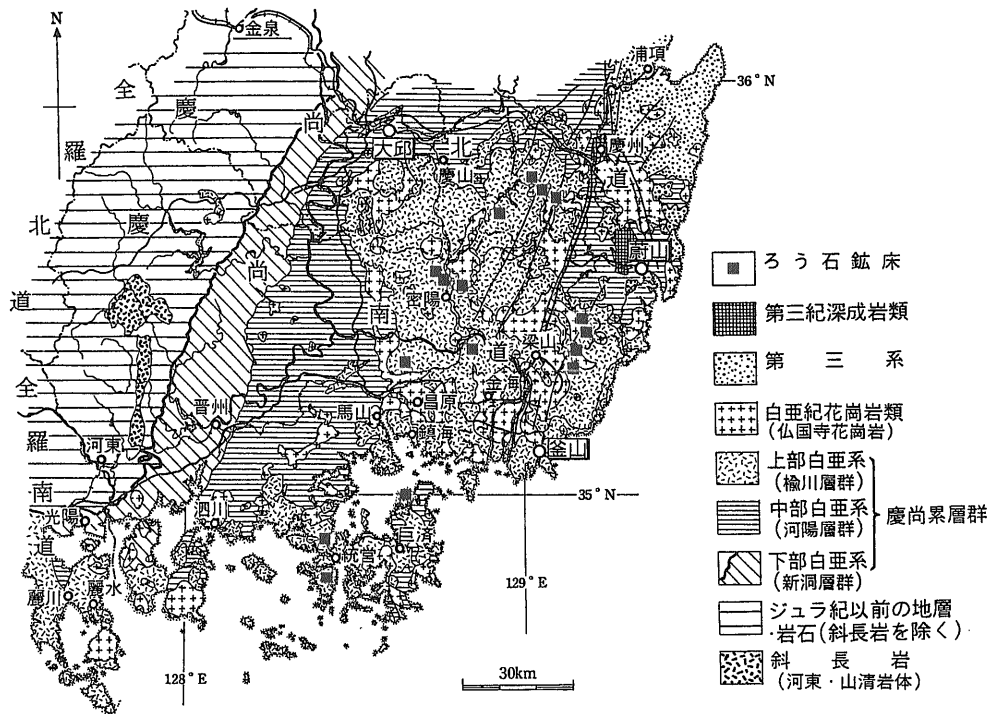
前報(高木ほか, 1999)で既に述べたように, 今回, 地質調査所と韓国資源研究所(KIGAM)との間で「非金属鉱物資源」をテーマとして両国の科学技術協定の基づく研究協力が開始された。そのメインテーマとしてろう石鉱床が取り上げられることになり, 研究協力の最初の調査として, 韓国西南部と東南部地域のろう石鉱床の概査を1998年4月27日から5月2日まで行い, これら地域のろう石鉱床などの鉱物資源の概要を把握した。本報では韓国東南部, 「嶺南地域」の資源の概要について紹介してみよう。

2. 地質・鉱床の概要

(1) 地質の概要

嶺南地域には, 西部に基盤岩類として先カンブリア紀片麻岩, 古生代の堆積岩類, ジュラ紀の花崗岩などが分布し, 白亜紀の慶尚(キョンサン)累層群がこれらを覆い, 地域の大部分に広く分布している。

慶尚累層群は白亜紀の慶尚盆地に堆積した非海成白亜系の総称で, 下位より, 下部白亜系・新洞(シントン), 中部白亜系・河陽(ハヤン), 中部白亜系・楡川(ユチョン)の三層群に区分される(第1図)。下位ほど碎屑岩が, 上位ほど火砕岩が卓越



第1図 嶺南地域の地質とろう石鉱床。KIGAM発行の100万分の1韓国地質図に基づいて作成。

1) 地質調査所 資源エネルギー地質部
 2) 韓国資源研究所 (KIGAM)

キーワード: ろう石, 韓国, 密陽, 河東カオリン, デュモルチエライト

している。

最上位の楡川層群は殆どが酸性の凝灰岩類で、無層理の凝灰角礫岩、湖沼成の成層した凝灰岩、凝灰質砂岩・泥岩、厚い熔結凝灰岩などからなっている。

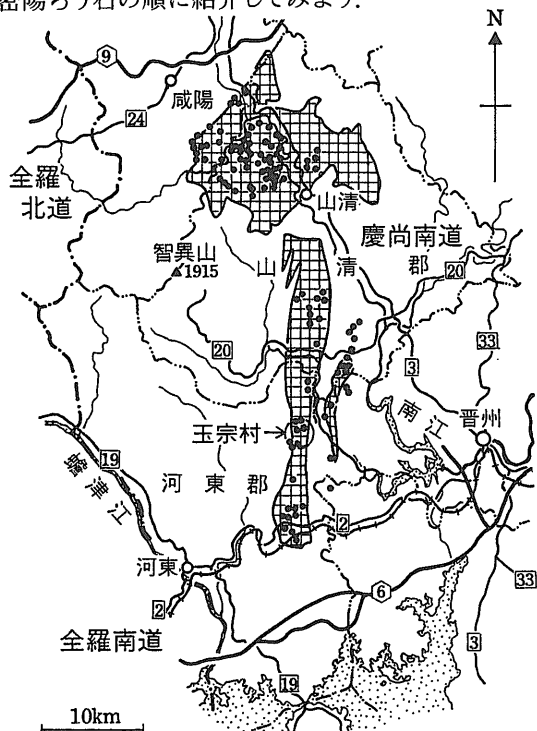
(2) ろう石・カオリン鉱床

この地域には世界最高級の陶磁器用カオリンとして著名な河東カオリンや白亜紀火山岩中のろう石鉱床が分布している。

河東カオリンは、先カンブリア紀の斜長岩に伴われており、慶尚南道南西部の河東～山清地区に分布している。ろう石鉱床は主に楡川層群の酸性火山岩類中に胚胎され、慶尚南道の統営市周辺、密陽市周辺、梁山市東方、慶州市南西方などに分布している(第1図)。

しかし、これらの鉱床は鉱量の減少・人件費の上昇・景気の低迷などの理由から、多くが休止・廃止され、稼行しているものは少なくなってきた。

以下、今回訪問した河東カオリン、光道ろう石、密陽ろう石の順に紹介してみよう。



第2図 斜長岩とカオリン鉱床の分布。岡野(1988b)を簡略化し、加筆した。筆者らが訪問した玉宗村の場所を図の中央部に示した。

3. 河東カオリン

(1) ブランド「河東カオリン」

朝鮮半島南部を北から南へ流下する韓国有数の大河「ソムジン川(蟾津江)」, この河の下流左岸, 東側にある町が河東町, この町を中心とする一帯が河東郡である。

この町から、北方50kmにある山清町を中心とする山清郡にかけての地域は朝鮮半島のカオリンの代表的な産地として知られた地域である(第2図)。この地区で産するカオリンは、「河東カオリン」と呼ばれ、世界最高級の陶磁器用カオリンとして著名である。

しかし、近年にいたり、採掘が進み、埋蔵鉱量も減り、生産量も減少している。特に、陶磁器用に珍重されてきた鉄分含有量の低い白色カオリンの生産は激減している。

(2) 産地を訪ねて

最近の状況を見てみよう、かつて最も良質なカオリンの産地であった河東郡玉宗村付近で採掘場を探してみた。このあたりは標高500m前後の山々が連なる丘陵地帯、その山麓部、標高150～200m付近には、あちこちに採掘場や採掘跡が見られる。

河東カオリンの良質なものは真っ白、谷筋から眺めても白く見えるはずである。真っ白い採掘場を探してみるが、見あたらない。どの採掘場も、褐色をしており、白く見えるものはない。

採掘現場 A: 比較的白く見える採掘場の一つにあがってみた。標高200m程の尾根に幅150m、高

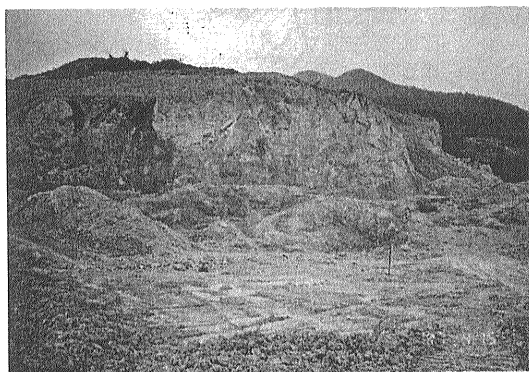


写真1 丘陵の尾根に設けられたカオリン採掘場。一部に不規則な白色部が見られる。

さ15mほどの採掘場がつくられていた(写真1)。淡褐色のカオリンが露出し、ごく一部に白色部がスポット状に見られる。高価に売れる白色部を重機で崩し、白い部分をより分けて、運搬用の耕運機に積んでいた(写真2)。河東カオリンは、巨大な鉱床はなく、昔からこのような採掘方法でいろいろな場所で採掘され、集められてきたのだという。でも最近では白色部の多い良い場所が無くなり、儲けも少なくなってきたというのが採掘場の夫婦の嘆きであった。

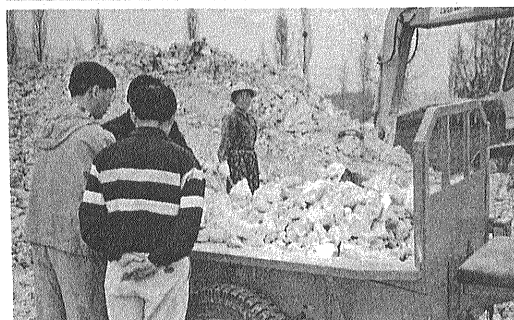


写真2 カオリンの選鉱。(上)重機で崩した粘土の中から白い塊を集める。(下)耕運機で丘陵の麓の道路まで搬出され、バイヤーに売り渡される。

採掘現場B:次に、ひととき大きな採掘場へあがって見た。すぐ脇のおおきな煙突のあるレンガ工場が、その原料として大量に採掘しており、地表からおおよそ30mくらいまでが採掘対象となっている(写真3)。どこを掘ってもレンガを作るには十分な品質なので、重機で大量の採掘が行われている。採掘跡には、様々に風化した斜長岩が露出しており風化のプロセスを考える上で興味深い(写真3)。

X線回折試験により風化の弱い原岩と褐色粘土の鉱物組成を比較した。斜長石を多量に含む原岩は、風化により見事にハロイサイト化していることがわかる(第3図)。

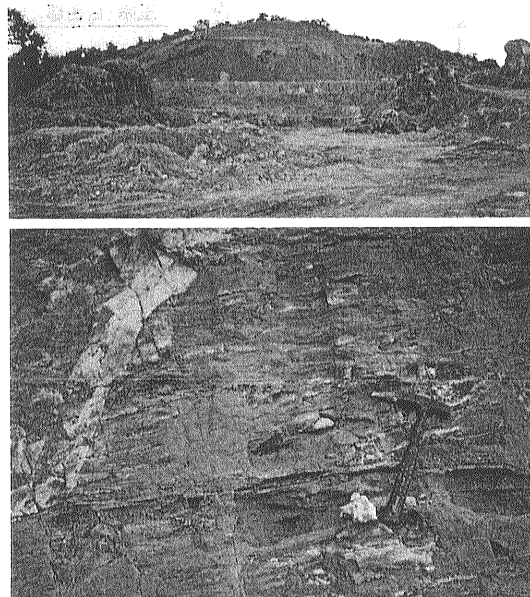
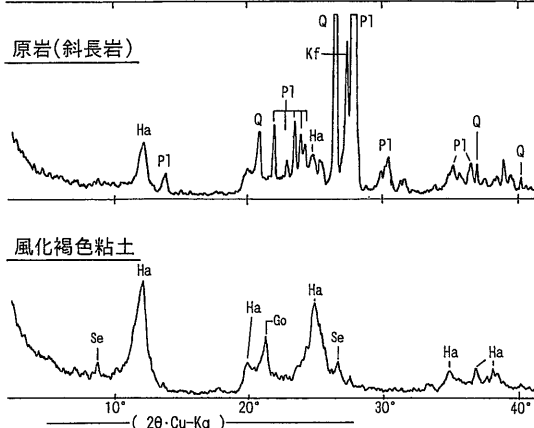
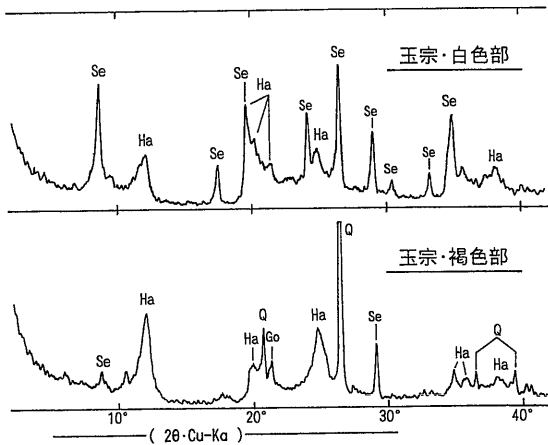


写真3 レンガ工場のカオリン採掘場。(上)採掘場の全景。広さは約10ha。(下)深部では斜長岩の縞状構造がはっきり見える。画面左側に石英脈。

露頭C:玉宗村の道路脇の幅10m、高さ5m程の小さな切り割りに、褐色粘土と白色粘土とが接して露出しているのが認められた。褐色粘土と白色粘土は何が違うのか、手がかりを求めて双方の試料を採取して、鉱物組成をチェックすることにした。



第3図 カオリンと原岩のX線回折パターン。理学電気製ロータフレックスを使用。電圧40kV,電流120mA,スリット系1°-1°-0.3mm,回折速度16°/分,時定数0.1秒,フルスケール1,200cps。鉱物名の略称はQ.石英, Ha.ハロイサイト, Pl.斜長石, Se.セリサイト, Go.水酸化鉄。



第4図 白色粘土と褐色粘土のX線回折パターン。試験条件、鉱物名の略称は第3図と同じ。

(3) 鉱物組成から見た成因

白色部と褐色部：露頭Cで採取した2つの粘土，おそらく鉄分だけが大きく違うと予測していたのだが，両者にはもっと大きな差があった。褐色部が殆どハロイサイトのみからなるのに対し，白色部ではハロイサイトのほかにセリサイトを伴っている。一般に，風化作用に伴ってセリサイトが生成される例は多くない。X線回折パターンのセリサイトのピークは鋭く，セリサイトが熱水性であることを暗示しているようにも思われる(第4図)。

原岩を見る：この地域の幹線道路の切割のあちらこちらに，原岩とされる新鮮な斜長岩が露出して

おり，観察することができる。斜長岩は，白色部と灰青色の部分とが交互に配列した縞模様の硬い岩石である。白色のアプライト脈や青灰色の安山岩脈が貫入しているのが，随所でみうけられる(写真4)。

成因を考える：既に岡野(1988b)により，風化説と熱水説とがあることが詳しく紹介されている。鉱床の殆どが山麓のなだらかな部分にあること(第5図)から大局的には風化がカオリン鉱床をもたらしたものであろう。しかし，筆者らが2~3の試料について行った検討においてさえも，熱水の影響を示唆するデータが得られた。白いカオリンについては熱水の影響も考えなくてはならないようだ。

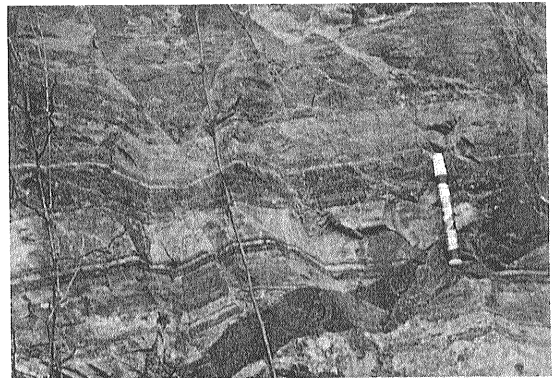
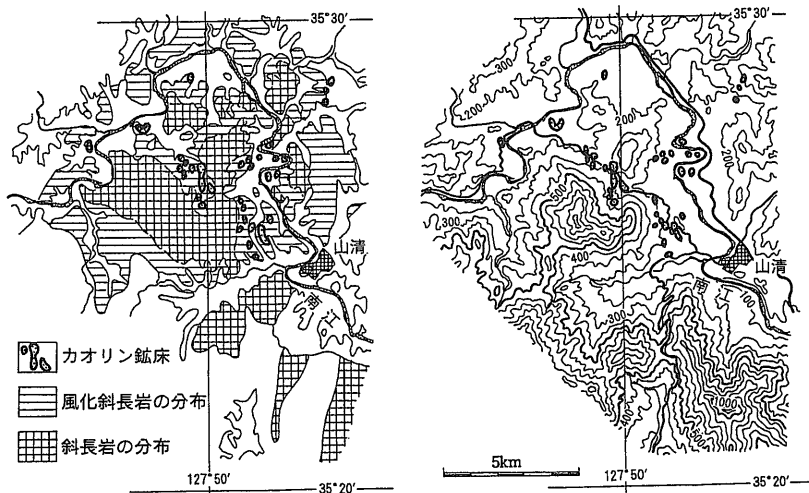


写真4 斜長岩の露頭。縞状構造をなしている。画面，右から下へ安山岩脈が斜長岩を貫いている。



第5図 カオリン鉱床の分布と地形。金ほか(1965)，李ほか(1977)のデータを岡野(1988b)より引用。地形は市販の道路地図(10万分の1)による。

4. 光道ろう石

統営市の北郊外の小さな丘に光道ろう石鉱床がある。松林の中に茶色い岩が点々と見えるだだの丘で、鉱床があるとは思っても寄らないところにある(写真5A)。

丘の斜面を20mほど登ると、坑道や露天採掘跡(写真5B)が松林の中に突然現れる。第2次大戦直前に日本人により開発されたという。

戦後、アメリカの地質調査所により調査され、パイロフィライト、明礬石、黄鉄鉱、ダイアスポアなどの鉱物を産する不規則形の小鉱床であることが報告されている。

露天採掘跡で角礫状の組織を持ち、多量の黄鉄鉱を含む低品位鉱が見られた(写真5C)。しかし、

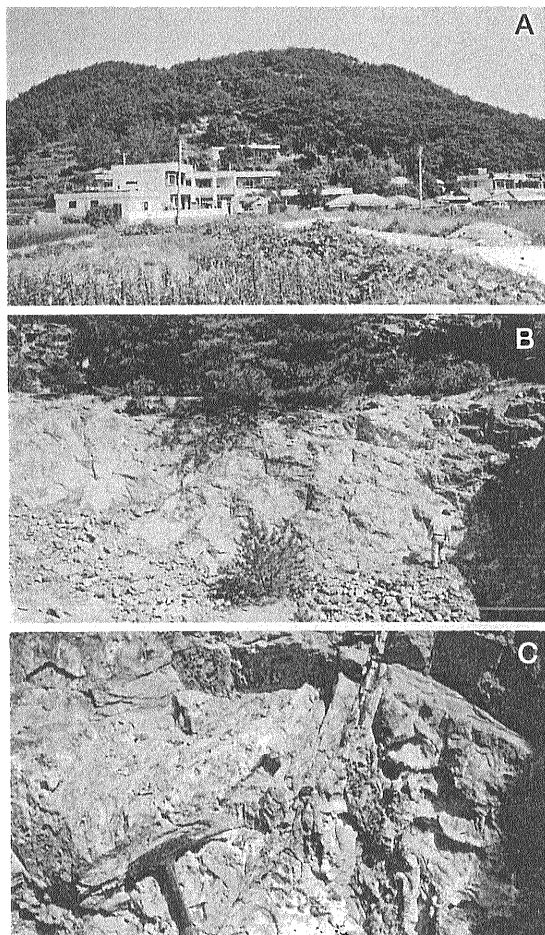


写真5 光道ろう石鉱床。(A) 鉱床のある丘、(B) 松林の中にある古い採掘場、(C) 角礫状で黄鉄鉱の多い変質岩。

露頭でも、転石や廃石にも、開発対象となり得るような高品位鉱を探すことはできなかった。

5. 密陽ろう石

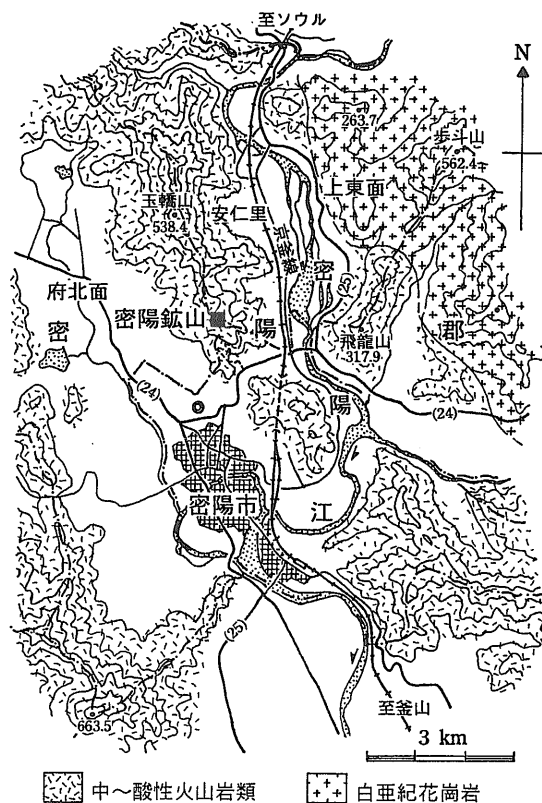
(1) 密陽鉱山へ

韓国西南部の光州市から南東の釜山市へ至る高速6号線を昌原市でおり、国道25号線を北上するとまもなく韓国最大の大河「洛東江」を渡る。ここからその支流「密陽江」に沿って20km程で密陽市に着く。

密陽市は密陽江の屈曲部に開けた小盆地にある人口15万人ほどの街であり、密陽郡の中心地となっている(第6図)。周囲は標高500~700mほどの山地となっており、密陽江とその支流にあたる小河川が複雑な谷を刻んでいる。

(2) 地質概要

この付近は慶尚盆地のほぼ中央部に位置してお



第6図 密陽市付近の地形と地質。地形は市販の道路地図(10万分の1)によった。

り、楡川層群の中～酸性火山岩類が広く分布し、これらの火山岩類を貫く白亜紀花崗岩の岩体が点在している(第1図)。密陽市周辺でも火山岩類が広く分布し、北東方の歩斗山周辺には花崗岩が分布している。

密陽鉱山は密陽市街地北側の標高250～300mの尾根の北斜面にある。この付近には、凝灰角礫岩、湖沼成の成層した凝灰岩・凝灰質砂岩・泥岩、厚い安山岩質熔岩、厚い熔結凝灰岩などの分布が認められる。

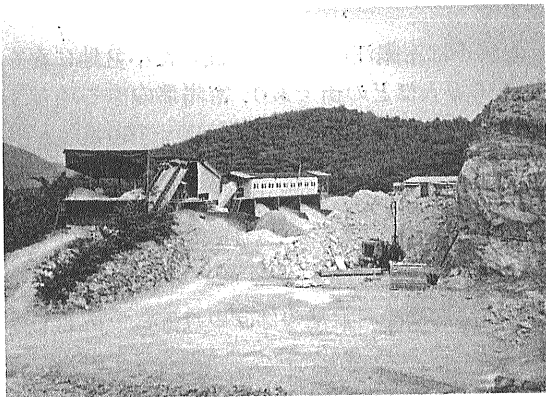


写真6 密陽鉱山の破砕機・選鉱場。規模は小さいが新しい設備が備えられている。

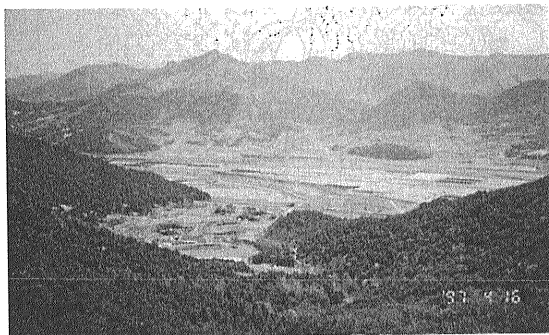


写真7 密陽鉱山から見た密陽江の流れ。山の麓の京釜線を特急列車が走る姿も見える。

(3) 鉱山と鉱床

尾根の北斜面に設けられた露天採掘場は長径200mほどで、その最下部に、簡単な破砕機や選鉱場が設けられている(写真6)。この付近から北側を眺めると密陽江が北から南へゆったりと流れ(写真7)、それに沿った鉄路をソウル-釜山間の特急列車「セマウル号」が、あわただしく駆け抜けていくのが見える。

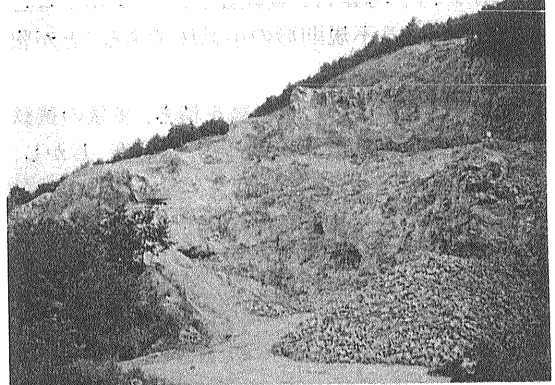


写真8 密陽鉱山の採掘場。(上)北東側から、(下)北西側からの眺め。かつて採掘された坑道があちこちに口を開けている。



写真9 着々と進められるボーリング探査。林道の脇で、深さ200mほどのボーリングが行われていた。

標高差50mの採掘場(写真8)には4段のベンチが設けられている。下から上までざっと概査を行った。この結果、鉱床は基本的にはNE-SW方向の割れ目に沿って上昇した熱水によって形成された脈状鉱床であるが、各所で膨縮・分岐を繰り返

しており、複雑な形態をしているようだ。鉱床の全容を解明しようと韓国鉱業振興公社によるボーリング調査も行われている(写真9)。鉱床の形や産出鉱物・成因などの詳細は、次回の精査の結果を待つとしたい。

(4) デューモルチエライトの出現

概査の中で、まず青い色の鉱物がいたるところに出現するのに驚かされる。ろう石鉱床で産出する青い鉱物といえば、たいていコランダムである。小さい粒状結晶で鮮やかな青色、白いろう石の中ではよく目立つ鉱物である。

だが、どうも変だ。色が赤みを帯びている、粒状結晶が判然としない、いやにもろい、などコランダムにはおかしい。青い鉱物でもう1つ思い浮かぶのが「デューモルチエライト」である。

「デューモルチエライト」：この舌をかみそうな難しい名前の鉱物の化学式は、 $(Al, Fe)_7O_3(BO_3)(SiO_4)_3$ 、ボロンの入った珪酸塩鉱物である。地学事典で調べると、斜方晶系で、硬度は7、比重3.3、青ない

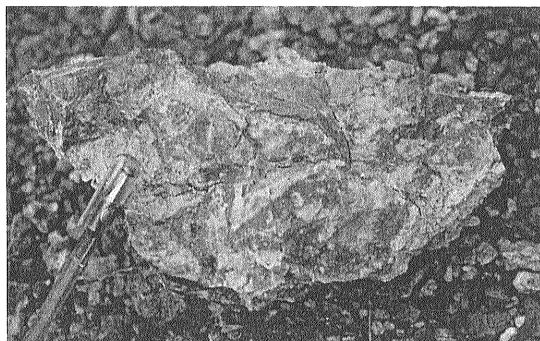
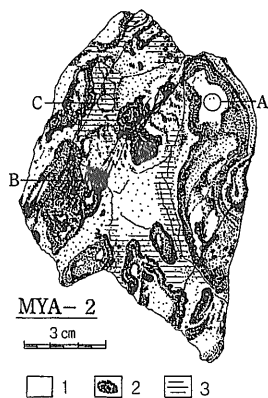


写真10 デューモルチエライトの産出状況。網目状の細脈として産出するものが多い。



第7図 含デューモルチエライトろう石の切断面。1. 塊状部, 2. デューモルチエライト濃集部, 3. 緑色で膨潤性のある部分。A, B, Cは試料の位置。

し赤青色でガラス光沢があると書かれている。

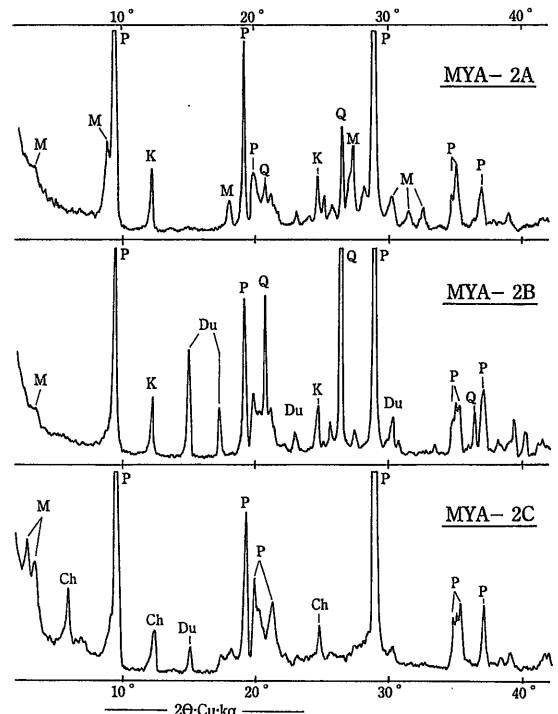
世界的にはペグマタイトや片麻岩中に産出する例が多いようであるが、日本ではろう石鉱床に産出する例が知られている。代表的な産地としては九州五島列島の福江島にある五島鉱山のろう石鉱床が有名である。鉱床を貫くように発達する幅5~10cmのろう石脈に細かい青色結晶として産出する。また、福島県の月形ろう石鉱山でも鉱床中に幅2~5cmの細脈として産するのを見たことがある。いずれの場合も極めて稀で、量的にも少量である。

この鉱山ではあちらこちらにやたら出現する。こんなに出現して良いのだろうか？

(5) 含デューモルチエライト鉱から見た鉱床

半信半疑のまま帰国し、早速デューモルチエライト?を含む鉱石をあれやこれやと調べてみた。

割れ目沿いの高品位鉱を切断し、断面を観察してみた(第7図)。基本的に3つの部分からなっているように思われる。まず、淡い褐色の塊状のろう石部(この部分をAと呼ぶ)、いちばん目立つのは青



第8図 含デューモルチエライトろう石のX線回折パターン。略称は第3図のほか、M.混合層粘土鉱物、K.カオリン、P.パイロフィライト、Du.デューモルチエライト、Ch.緑泥石。

いデュモルチエライトがつくる脈状部(同じくB),そして黄緑色を帯びた灰色の脈状ろう石部(同じくC)である。

3つの部分の相互関係を見てみよう。Aは塊状でBに切られているように見える。脈状のBは同じく脈状のCに切られているようだ。Cは吸水して脆くなる性質がある。3つの部分の形成順序はA→B→Cということになる。

それぞれの部分を別々にX線回折試験を行い、鉱物組成をチェックしてみる。描き出されてくる回折パターンの上に、デュモルチエライトの存在を示すピークが現われ、この稀産鉱物の産出が確認された。第8図にX線回折パターンを示したように、各部分の鉱物組合せは概ね次のとおりである。

A : Pp + Mx + Ka + Qz

B : Pp + Du + Ka + Mx + Qz

C : Pp + Mx + Ch

(鉱物名の略称は、Pp:パイロフィライト, Mx:混合層粘土鉱物, Ka:カオリン, Qz:石英, Du:デュモルチエライト, Ch:緑泥石)

各部分の形成順序とともにこの鉱物組成を見ると、この標本の中に次のような鉱化プロセスを読むことができよう。まず、ろう石鉱化作用が進行し、パイロフィライト-カオリンろう石(A)が形成された。この中に発生した割れ目に沿って流入して鉱化流体によりパイロフィライトの一部がデュモルチエライトに置き換えられ青いデュモルチエライトのある脈状部(B)が、さらに割れ目の一部に沿って流入した鉱化流体によりデュモルチエライトやカオリンが混合層粘土鉱物や緑泥石に置き換えられ混合層粘土鉱物で特徴づけられる脈状部(C)が形成されたのであろう。それぞれの形成温度を考えると、中温→高温→低温ということになろう。

ろう石の形成がすすみ、温度が上昇した高温期に下方から上昇したボロンを含む鉱化流体によりデュモルチエライトが形成されたが、その後、系の温度が下降し、低温熱水により最後まで熱水の通路となった割れ目沿いに混合層粘土鉱物で特徴づけられる脈状部が形成されたということであろう。

(5) デュモルチエライト出現の意味

一般に、ボロンはマグマの固結にともなって、ガスとしてその頂部に濃集し易い元素だとされている。このため、ろう石鉱床にデュモルチエライトが出現する場合、下方に貫入岩が存在することを示しているものと考えられる。

密陽鉱山における多量のデュモルチエライトの出現はいったい何を意味するのだろうか？ 下方に巨大な貫入岩が隠れているのか？ それとも、多量のボロンを含んだ特別な貫入岩があるのだろうか？

いったい白亜紀に地下深部で何がおこったのか？ 私達は今それを解き明かす鍵の破片を手に入れたのかもしれない。

6. おわりに

地質調査所と韓国資源研究所(KIGAM)との間で開始された「非金属鉱物資源」をテーマとする研究協力の最初の調査として、行われた概査の結果から、韓国東南部、「嶺南地域」の資源の概要について紹介した。

この概査の結果、今後、蘆花島と密陽のろう石鉱床を主要なテーマとして、より詳細な調査研究を進めることにした。興味深い結論が得られたら、また、この誌上でも紹介することにししよう。

文 献

- Korea Institute of Geology, Mining & Materials (1995) : 1:1,000,000 Geological map of Korea.
- 金 玉準ほか(1965) : 5万分の1地質図幅「山清」および説明書。
- 李 尚萬ほか(1977) : 河東-山清地域粘土鉱床に関する鉱物学的並びに成因的研究。Jour. Geol. Soc. Korea, v.13, no.1, p.1-14.
- 岡野武雄(1988a) : 韓国の非金属鉱物資源(1), 地質ニュース, no.402, 22-32.
- 岡野武雄(1988b) : 韓国の非金属鉱物資源(6), 地質ニュース, no.411, 35-43.
- 佐藤興平・金 炆榮・朱 金主・神谷雅晴(1994) : 東アジアのパイロフィライト鉱床, 地質ニュース, no.484, 40-50.
- 高木哲一・金 炆榮・須藤定久(1999) : 韓国蘆花島のろう石鉱床-非金属鉱物資源の日韓研究協力始まる-, 地質ニュース, no.533, 56-65.

SUDO Sadahisa, KIM Moon Young, KOH Sang Mo and TAKAGI Tetsuichi (1999) : Roseki ore deposits of South-east Korea - Miriyan mine, occurrence of dumortierite -

<受付: 1998年12月1日>