

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—

高木 哲一¹⁾・金 炆榮²⁾・須藤 定久¹⁾

1. はじめに

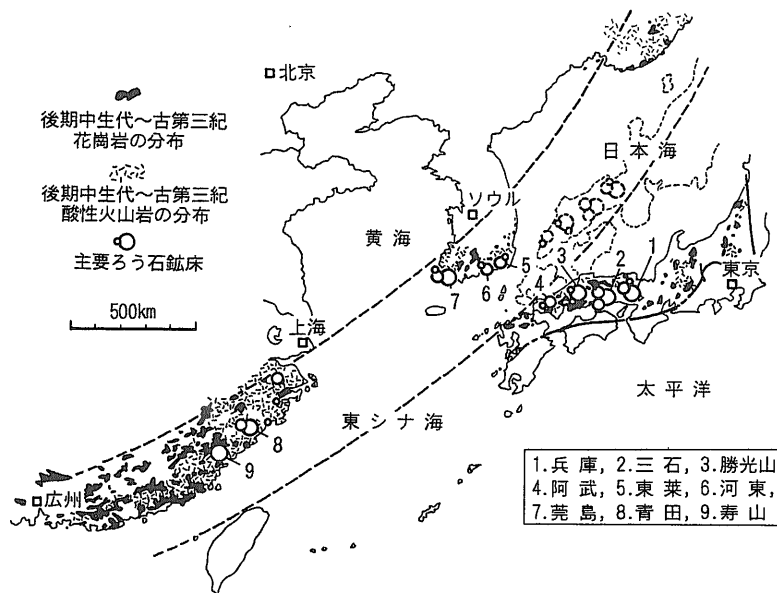
韓国の南西部, 全羅南道莞島郡は朝鮮半島最大のろう石産地であり, 1970年頃からは日本にも輸入されている。これらの地区の鉱床の概要については, 松本(1979), 佐藤ほか(1994), 岡野(1988)などによる紹介があるが, 蘆花島の鉱床については, 松本(1979)が層状の大規模鉱床であることを報告しているのみで, 詳細は紹介されていない。韓国においても姜(1969), 高ほか(1994)による簡単な蘆花島の調査報告があるのみである。

今回, 地質調査所と韓国資源研究所(KIGAM: Korea Institute of Geology, Mining & Materials)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,

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った。この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, 鉱床の概要を把握した。この地域のろう石鉱床などの鉱物資源の概要を紹介してみよう。

2. 韓国西南部の地質とろう石鉱床

ろう石は「葉ろう石」という粘土鉱物からなる「蠟(ろう)」のような透明感のある軟らかい岩石。耐火性に富み, 製鉄所の熔鉱炉やガラス工場の熔融炉, 陶磁器を焼く焼成窯, セメントを作る回転窯などを築くのに使われる「耐火煉瓦」の原料として重要な資源である。このほか, 耐火性と強さを持つ



第1図 東アジアのろう石鉱床分布。日本列島を日本海の裂開以前の位置に戻すと日韓中の鉱床はごく狭い帯に集中する(須藤ほか(1988)を一部修正)。

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, 蘆花島, 莞島, 工業原料鉱物, 非金属鉱床

たガラス繊維に加工され、ボート・各種車両・電子部品などに、また、陶磁器、タイル、セメント、農業用粉材などの原料として幅広く利用されている。

ろう石鉱床は、東アジアの白亜紀酸性火成活動に伴って形成されたもので、日本・韓国・中国の鉱床は大局的には一連の鉱床で、東アジアに巨大な鉱床帯を形成していることが知られている(第1図)。

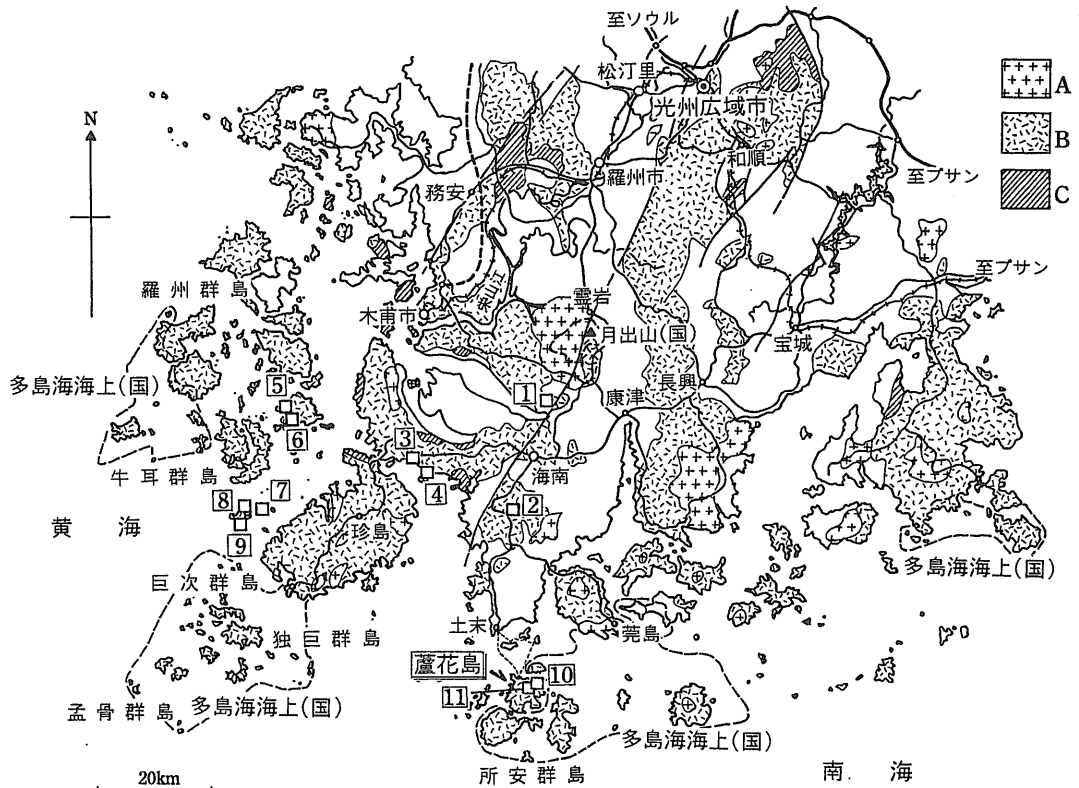
韓国のろう石鉱床は、西南部と東南部に分布する中生代白亜紀の火山岩類、花崗岩類に伴って形成されている。東南部の鉱床は慶尚北道および慶尚南道にあり、この地域は小白山脈の南側にあたることから「嶺南地域」と呼ばれている。一方、韓国南西部の鉱床は全羅南道の南西部、海南町(韓国の行政単位の「邑」)を中心とする地域にあるので、ここでは「海南地区」と呼ぶことにしよう。

本報では、まず「海南地区」の地質と鉱床について紹介する。

A. 地質の概要

海南地区には、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広く分布し、これらを覆って白亜紀の堆積岩類、酸性～中性火山岩類、花崗岩類が分布している。ろう石鉱床は主に白亜紀の酸性火山岩類中に胚胎されている(第2図)。

白亜紀の堆積岩はごく限られた地点のごく小さい範囲に露出するのみである。近年、海南町の西側に隣接する黄山村(韓国の行政単位では「面」)の干拓地の旧海岸の狭い範囲に露出する白亜紀の砂岩・頁岩層中に草食および肉食恐竜の足跡化石が発見され話題となっている(写真1, 2)。



第2図 全羅南道南西部の地質概略図(主にKIGAM発行の100万分の1朝鮮半島地質図による)。A:白亜紀花崗岩類, B:酸～中性火山岩類, C:白亜紀堆積岩類。1～11は鉱床・鉱山名で1.犢川(Dogchon), 2.九市(Gushi), 3.玉埋山(Ogmaesan), 4.黄山(Hwangsan), 5.長山島(Jangsando) 是味里(Shimiri), 6.長山島(Jangsando) 中竜里(Jungyongri), 7.主之島(Chuchido), 8.加沙島北(Gasado), 9.加沙島南(Gasado), 10.莞島(Wando), 11.蘆花(Nowha)。(国)は国立公園。

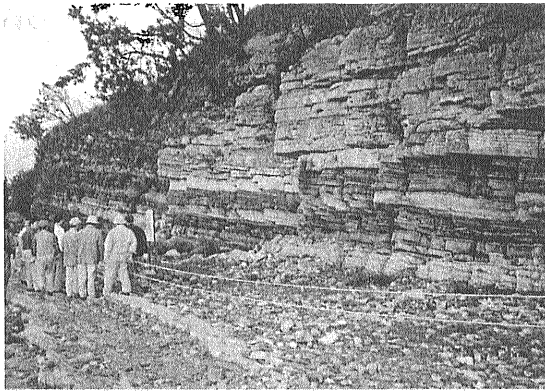


写真1 黄山村の白亜紀層。層理面の発達が著しい凝灰質砂岩・泥岩互層である。

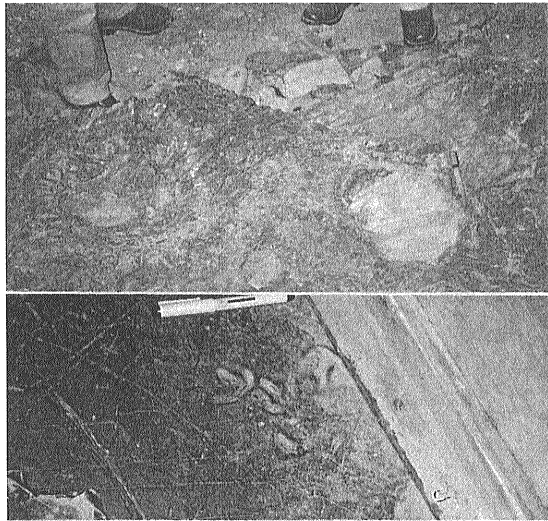


写真2 恐竜の足跡化石。上は草食恐竜の足跡で直径30～40cm，下は肉食恐竜のもので長さ約5cm。

火山岩類はほとん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。

B. ろう石鉱床

白亜紀の火山岩中には、ろう石鉱床が点在している。大きく、海南町周辺、牛耳群島、蘆花島の三ヶ所に分けられる(第2図)。

海南町周辺：街の北12kmに「犢川」、南13kmには「九市」、西方15kmに「玉埋山」、「黄山」の各鉱床がある。

犢川鉱床は、既に採掘を終了し、現在は大学の

キャンパスになっており、鉱床を見ることも鉱石を拾うこともできない。

九市鉱床(写真3, 4)は、層理の発達した凝灰岩中に形成されたパイロフィライト質のろう石鉱床で、NW-SE方向の脈状部とそれから枝状に分かれた層状部とからなり、鉱化帯の大きさは100m×200m程で、さほど大規模なものではない。鉱物組み合わせはほとんど石英とパイロフィライトのみであり、利用しやすいろう石のようだ(第3図)。

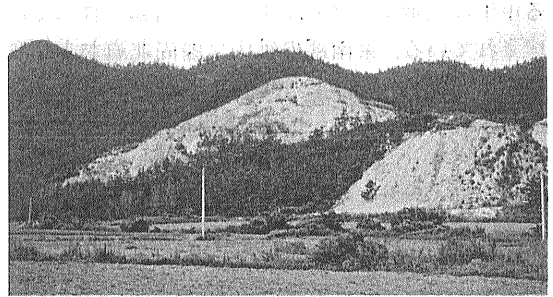
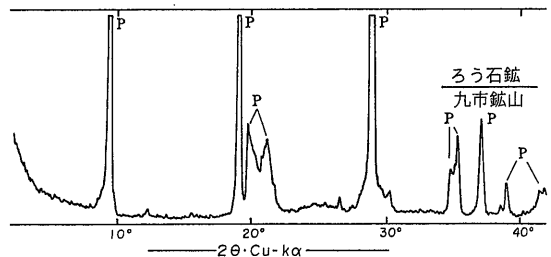


写真3 九市鉱山の遠景。標高200m程の尾根の末端部に位置している。



写真4 九市鉱山の採掘場。景気の低迷のため採掘・出荷量も減少している。



第3図 九市鉱山産パイロフィライトのX線回折パターン。細かい網目状に産出する高品位部。このような高品位部は量的にはごく少ない。理学電気製X線回折装置RAD-rを使用。電圧40kV、電流100mA、スリット系1°-1°-0.3mm、回折速度16°/分、フルスケール3kcps、チャート速度80mm/分。鉱物名略号はP。パイロフィライト。

玉埋山鉱床は明礬石(みょうばんせき)の産地として有名な場所である。明礬石は緻密で、ピンク色、透明感のある美しい鉱石として産出する。この地区の鉱床では上部に層状・大量の明礬石が産出し、その下側にろう石が産出する。

玉埋山鉱床では、戦時中に日本軍が飛行機を作るためのアルミニウム資源として明礬石を採掘して日本へ運び、金属アルミニウムを取り出す研究を行ったことでも知られている。

現在は、上部の明礬石が既にはぎ取られ、下位のろう石が露出しているので、珪質なカオリン質ろう石を陶石として採掘・出荷している(写真5、第4図)。

牛耳群島：黄海に浮かぶ小島に鉱床が点在分布している。鉱床は、長山島に是味里と中竜里、加

沙島に南と北、そして主之島にも鉱床が知られている。いずれも玉埋山とおなじように明礬石を伴うろう石鉱床で、明礬石資源として調査がなされている(岡野,1988)。

蘆花島：大規模なろう石鉱床があり、近代的な開発が進められ、日本への安定した原料供給基地となっている。次の章で詳しく紹介しよう。

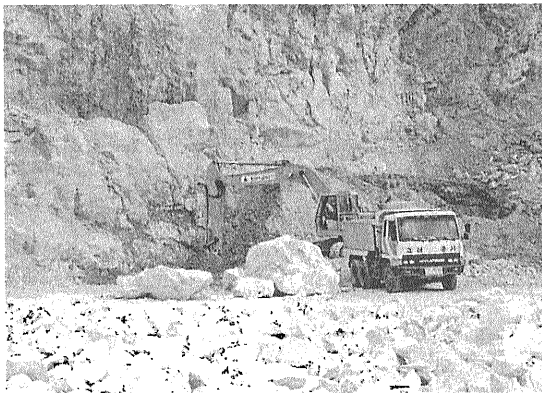
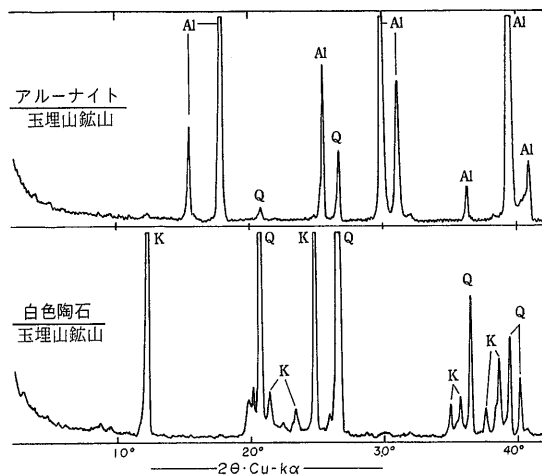


写真5 玉埋山鉱山での陶石の採掘・積み出し。



第4図 玉埋山産明礬石(アルーナイト)、陶石のX線回折パターン。実験条件は第3図と同じ。鉱物名の略号は、Q.石英、Al.明礬石、K.カオリン。

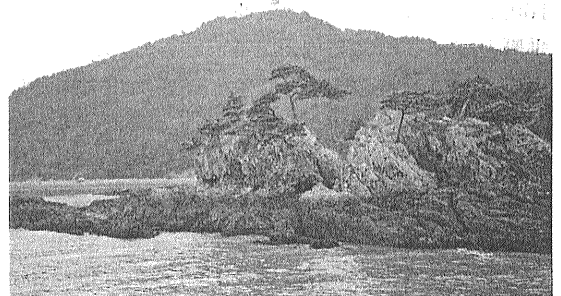


写真6 朝鮮半島最南端「土末」の岬。山の上に展望台が設けられ、美しい多島海の風景を眺められる。この山の南東側にフェリーの発着場がある。



写真7 フェリーで蘆花島へ。蘆花島のフェリー発着場(上)。隣に、蘆花鉱山の選鉱場と積み出し岸壁がある。貨物船が接岸し、ろう石を積み込む光景も見られる(下)。

3. 蘆花島の地質とろう石鉱床

蘆花島 (Nowhado) は韓半島最南端である土末の岬 (写真6) の南方12kmほどのところにある。土末港からフェリーが1~2時間おきにてており、約40分程で蘆花島に渡ることができる (写真7)。

A. 地形・地質の概要

蘆花島は東西、南北それぞれ約5km程の小島、島の西半部は標高100~150mの丘 (最高点は標高160m) が連なった丘陵状、東半部は独立丘と沖積平野とが入り組んだ地形となっている (第5図、写真8)。丘はNW-SE方向、NE-SW方向とに配列しており、これらの方向に断裂構造が発達すると思われるが、詳細は調査されていない。

島は白亜紀の火山岩類からなっており、下位の安山岩質火砕岩類、上位の流紋岩質凝灰岩類、それに貫入岩と推定される流紋岩熔岩が分布している (第6図)。

島の西半部には安山岩質火砕岩類が広く分布している。塊状の凝塊角礫岩、成層した凝灰岩などからなり、ほぼ水平の構造を示している。東半部に

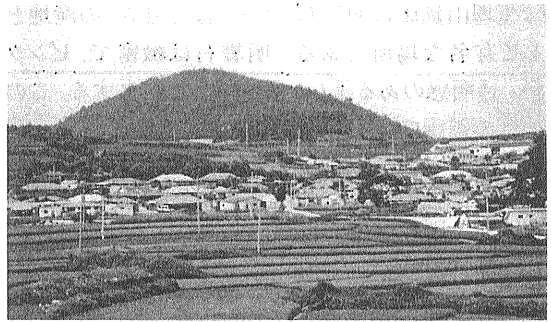
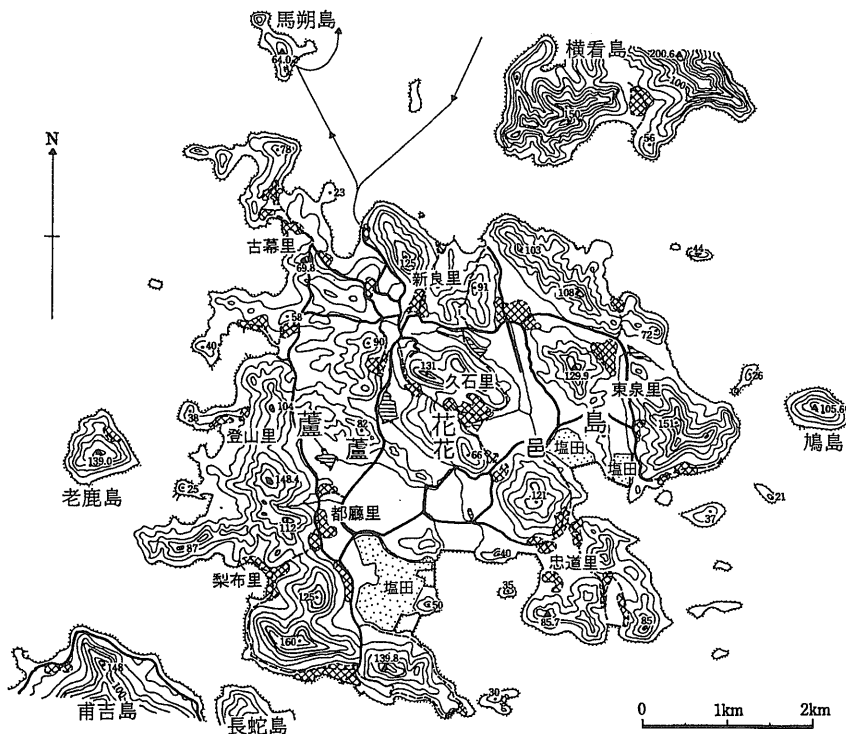


写真8 蘆花島風景。緩やかな丘と沖積地が入り組んだ地形の中に集落が点在する。

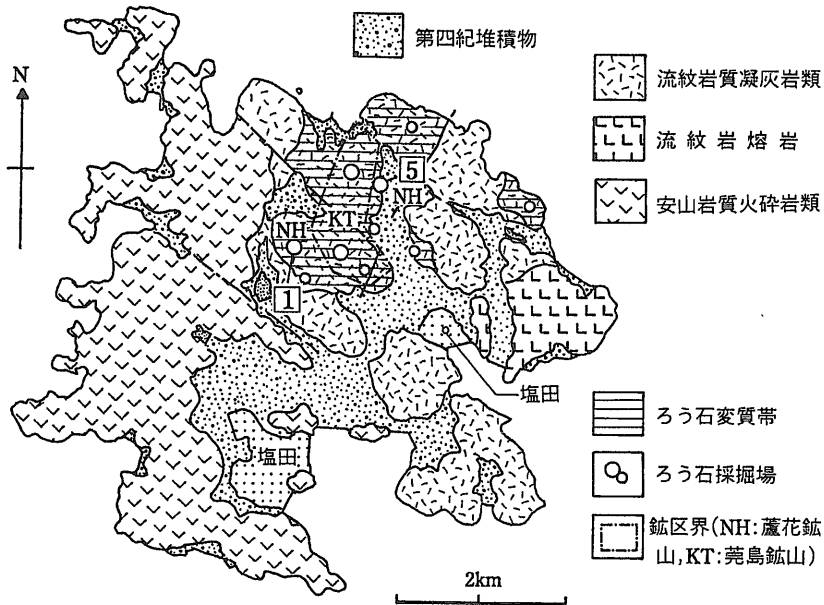
分布する流紋岩質凝灰岩類に覆われるものと推定されるが詳細は不明である。

島の東側には流紋岩質凝灰岩類が広く分布している。淡い緑灰色の細かく成層した凝灰岩からなっており、一般に東方~南東方へ緩く傾斜している。

島の東端部の一角には流紋岩熔岩が分布している。流紋岩質凝灰岩類を貫くものと考えられるが、流紋岩質凝灰岩類中に挟有されるもの、あるいは流紋岩質凝灰岩類の下位層の可能性もある。



第5図 蘆花島の地形概略図。等高線間隔は20m。韓国国立地理院発行の2.5万分の1地形図「長蛇」から作成した。



第6図 蘆花島の地質概略図。1.蘆花鉱山第一採掘場，5.同第五採掘場。姜(1969)，高ほか(1994)，筆者らのデータをもとに編集した。

B. 鉱床の概要

島の東側に分布する流紋岩質凝灰岩類の一部，島の北部の一帯には，東西2km，南北3kmにわたってろう石変質帯が発達しており，その高品位部がろう石鉱床として稼行されている。

変質帯の中央部を莞島鉱山が，その周辺部を蘆花鉱山がそれぞれ開発している。今回は，大規模な坑内採掘を行っている蘆花鉱山の第一採掘場と変質帯の上盤側に近い部分を露天採掘している蘆花鉱山第五採掘場において予察調査を行った。

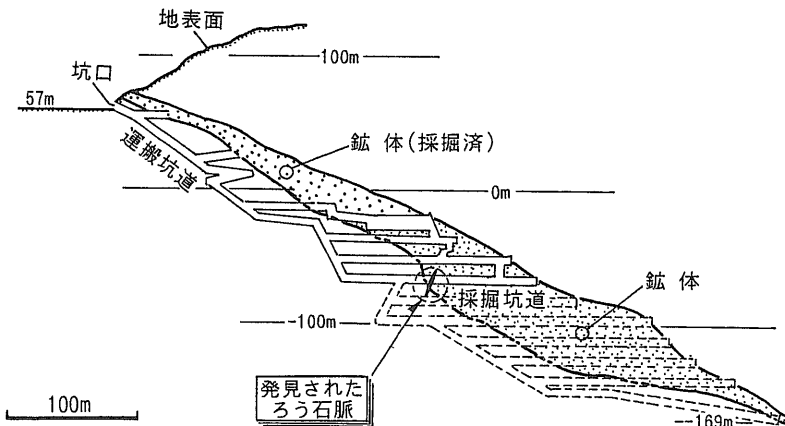
この結果，第一採掘場のレンズ状鉱体の一部に

かつての熱水の上昇通路と思われるろう石脈が観察され，鉱化プロセスを考える上で重要な手がかりが得られた。また第五採掘場では，ろう石鉱床の上盤側に軽微な不整合が見いだされ，今後の周辺部の探査に大きなヒントが得られた。以下今回の概査結果の概要について述べてみよう。

C. 蘆花鉱山のろう石鉱床

(1) 蘆花鉱山第一採掘場

近代的な坑内採掘：蘆花島中央部の地下深部にある鉱体を近代的な方法で坑内採掘している(第7



第7図 蘆花鉱山第一採掘場の模式断面図(蘆花鉱山の提供資料による)。

図)。

この鉱床は標高131mのピークの北西斜面に露出し、南東側深部へと続く鉱床です。詳細なボーリング調査により南東方向へ傾斜したレンズ状～層状鉱床で、径500m、厚さ最大65mの規模を有していることが判明し、坑内採掘により合理的な採掘が進められている。

標高131mのピークの北西斜面の鉱床の下側の岩盤に坑口が設けられ(写真9)、ダンプトラックが通行できる運搬坑道が鉱床の下盤側に展開されている。鉱体は上部から各レベル毎に水平の採掘坑道が基盤の目のように掘削され、鉱石が採掘されている。

ダンプトラックが坑口より運搬坑道を進み、採掘坑道へと入り、その先端でUターンレブドローザや発破により採掘された鉱石を満載し、地表へ鉱石を運び出している。

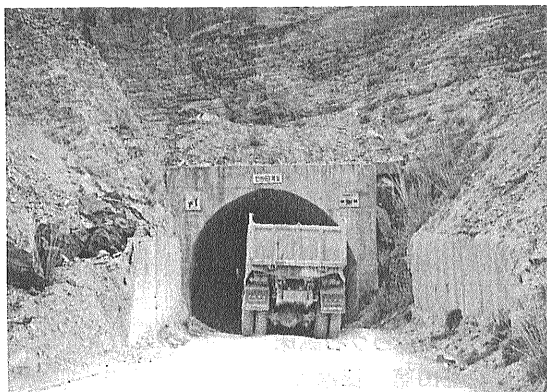


写真9 蘆花鉱山第1採掘場の坑口。層理の発達したやや凝灰質の砂岩・頁岩互層からなる。

トラックレス・マイニング:かつて、鉱山といえば坑道にはトロッコを走らせるための線路(トラック)が張り巡らされていたものだ。この鉱山のようにトロッコを使わず、直接ダンプトラックを坑内へ入れてしまうこのような採掘方法を「トラックレス・マイニング」という。トラックレスのトラックはダンプトラックではなく、トロッコの線路のことなのである。最も近代的な採掘方法の一つであり、日本でも神岡鉱山(岐阜県、鉛・亜鉛を採掘)、平木鉱山(兵庫県、ろう石を採掘)、菱刈鉱山(鹿児島県、金・銀を採掘)などで採用されている。

標高57mの坑口から徐々に採掘され、現在-70m

(海水面下70m)から-85mの所で採掘が進められており、最終的には-169mまで採掘が進められる計画だという。

発見された熱水通路:坑内採掘場の数地点に於いて観察を行った。この結果、レンズ状に発達する高品位部、鉱体を貫く安山岩の岩脈、鉱体中の割れ目沿いに発達するろう石脈などが観察された。

特に注目されるのは、ほぼ純粋なろう石の脈です。これは-80m付近の鉱床の下盤に近い位置に、N60°W方向の割れ目沿いに形成されていた。周囲の白色の珪質ろう石中に幅0.5~1m程の淡黄緑色でろう感に富むほぼ純粋なろう石脈が露出している(写真10)。割れ目に沿って熱水が上昇したことを示すものであろう。

おそらく、このような熱水の通路が鉱床の下盤に多数存在し、これらから上昇した熱水が層状に広がり、レンズ状～層状の鉱床を形成したものと考えられる。

今後このような熱水通路の配列や方向性などの分布規則が明らかになれば、新鉱床の探査活動に、また鉱床の生成過程の解明など科学的な研究に、重要な示唆を与えることになるだろう。

(2) 蘆花鉱山第五採掘場

広大な露天採掘場:島北部の標高91mの丘はろう石鉱化帯の中心部に位置しており、莞島鉱山により露天採掘が行われている。これに隣接した丘の東の麓では蘆花鉱山が第五採掘場を設けて露天採掘している。隣接する両鉱山の露天採掘場は実に広大である(写真11)。



写真10 見いだされた「ろう石脈」。Vで示したろう石脈は灰白色の珪質ろう石中の割れ目に沿っており、画面では暗色に見える。

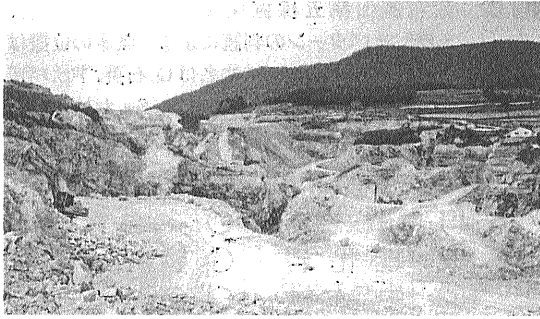


写真11 蘆花鉱山の第5採掘場。左側の莞島鉱山と右側の人家に挟まれている。

今回は、鉱床の上盤側の状況を把握するために、蘆花鉱山第五採掘場の北東部の概査を行った。東西100m、南北200mにわたって1,000分の1のルート・マップを作成しながら観察、試料採取を行った。帰国後、採取試料についてX線回折試験を行い、鉱物組成を推定した。

不整合の発見とその意味：蘆花鉱山第五採掘場北東部のルート・マップを第8図に示した。野外調査の中で、鉱床の上盤側に薄い砂礫層が認められ(写真12)、それを境に上位の凝灰岩の変質が弱いことがわかった。鉱床の上盤側に軽微な不整合があり、鉱体は変質作用が極めて弱い凝灰岩によって覆われているのではないかと考えたわけである。

帰国後の室内での試験によって調べられた採取試料MIN-1～12の鉱物組み合わせを第1表に、代表的な試料のX線回折パターンを第9図に示した。これらの結果から、次のような点が確認された。

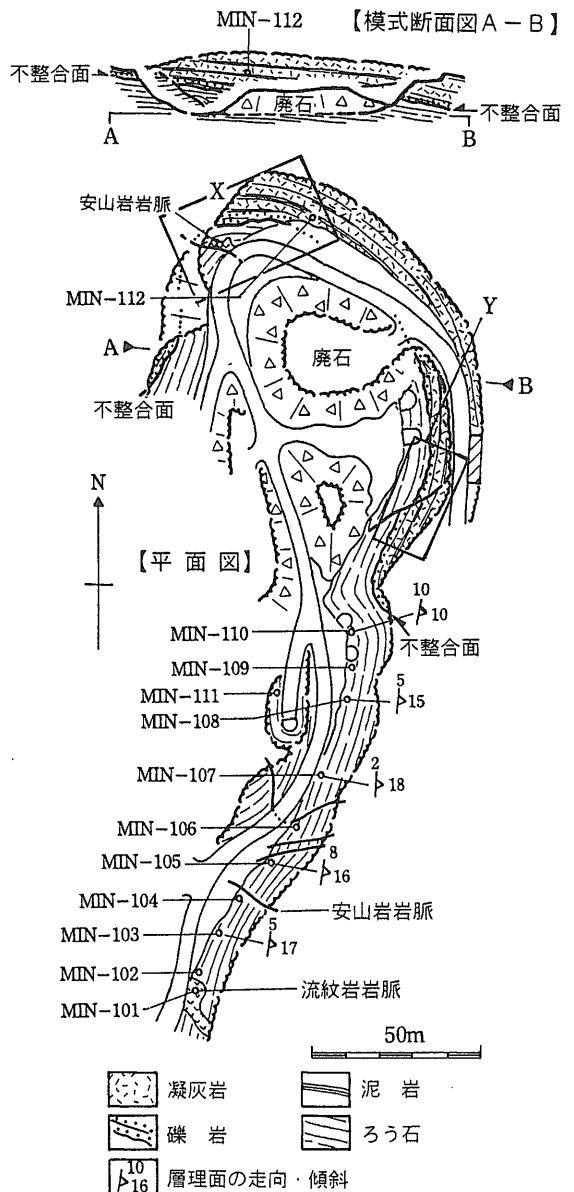
- (1) ろう石鉱は石英とパイロフィライトからなり、一般に珪質ろう石が卓越している。
- (2) ろう石鉱の一部に高品位部があり、ダイアスポアが含有される。
- (3) 岩脈は弱いセリサイト変質で、ろう石鉱化作用を受けていない。従って形成時期は鉱化作用より後と推定される。
- (4) 野外で観察された不整合面の上側から採取した試料は弱いセリサイト変質で、ろう石鉱化作用を受けていない。従って鉱化作用より後に形成された可能性が高い。

鉱床はろう石鉱化作用を受けていない凝灰岩や脈岩に、覆われたり、貫かれたりしていることがわかり、鉱床の形成過程を考え、探査を進める上で重要な手がかりが得られた。特に、鉱床が鉱化作

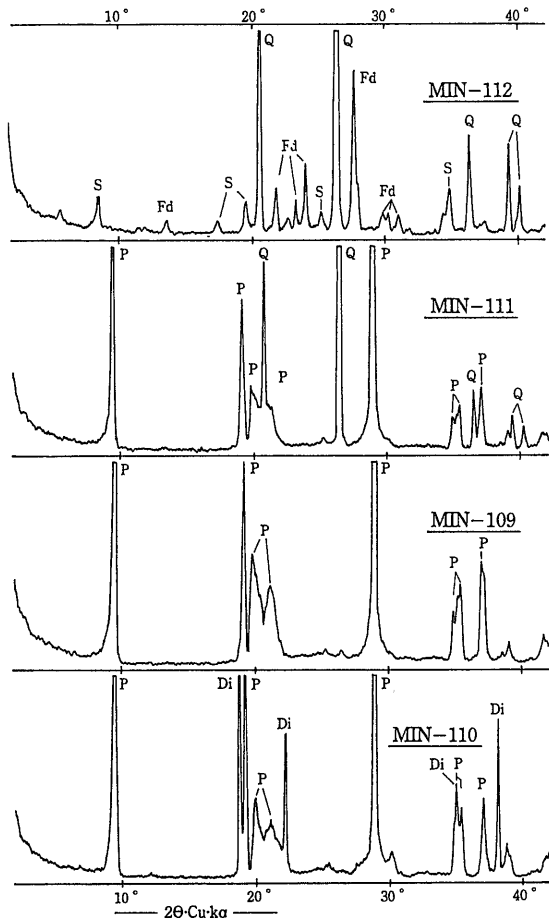
用を受けていない凝灰岩類に普遍的に覆われるならば、鉱床の探査域を絞り込む上で重要な示唆を与える可能性があるといえるであろう。

D. 特異な鉱石・鉱物

ダイアスポア鉱：この鉱物はアルミナ (Al_2O_3) と水 (H_2O) が1:1の比率で結合したもので、アルミナが重量比で85%を占めている。このため高い耐火性を持っており、耐火物原料として珍重される鉱物なのである。



第8図 蘆花鉱山第五採掘場のルート・マップ。歩測による簡易測量で作成したものである。



第9図 蘆花鉱山第五採掘場産試料のX線回折パターン。実験条件は第5図と同じ。鉱物名の略号は、Q、石英、S、セリサイト、Fd、長石、P、パイロフィライト、Di、ダイアスポア。下の三試料はろう石鉱、最上段は不整合面直上の試料で、下の三試料に比べ著しく変質が弱い。

ろう石鉱床の中心部に出現し、かつて日本では、五島鉱山（長崎県）や品川三方鉱山（兵庫県）で多く産出した。また、球状の塊として出現することも多く、これは球状ダイアスと呼ばれる。三石台山区（岡山県）の鉱床からは、径数cmから15cm程の球状ダイアスが産出したことは良く知られている。

ここ蘆花島の鉱床でもあちこちから球状ダイアスが産出するようだ（写真13、第10図）。日本の鉱床では既に採掘が進行し、なかなかダイアスポアの産状を観察する機会も少なくなりました。韓国の鉱床で、日本では解けなかった球状ダイアスに秘められた謎が解きあかされるのかもしれない。

第1表 蘆花鉱山第五採掘場産試料の鉱物組成。X線回折パターンの判読による。標本の位置は第8図に表示した。鉱物名はQ、石英、Pp、パイロフィライト、Di、ダイアスポア、Se、セリサイト、Fd、長石。含有量は◎：多量、○：普通、△：少量。

試料番号	試料名	Q	Pp	Di	Se	Fd
MIN-101	流紋岩岩脈	○			△	△
102	珪化岩	○	○		△	
103	中品位鉱	○	◎			
104	珪質ろう石	○	◎			
105	珪化岩	◎	○			
MIN-106	珪質ろう石	◎	○			
107	珪質ろう石	◎	○			
108	珪質ろう石	◎	○			
109	高品位鉱		◎			
110	高品位鉱		◎	○		
MIN-111	中品位鉱	○	◎		○	
112	凝灰岩	◎			○	△

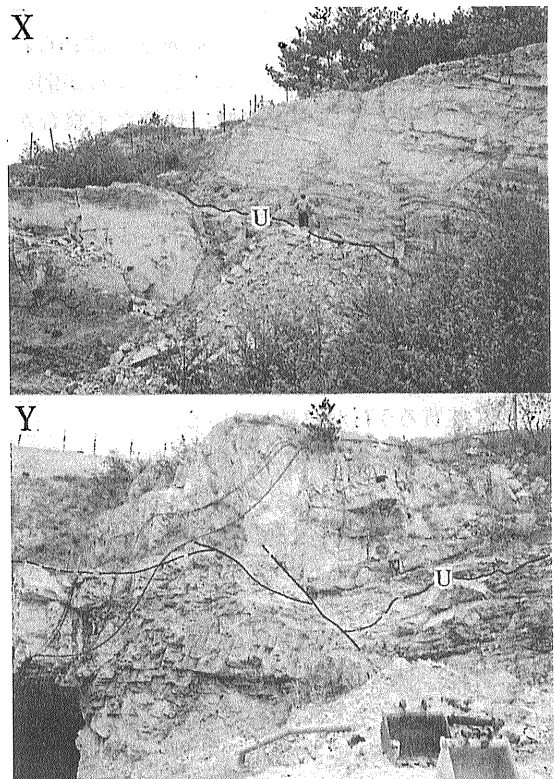


写真12 蘆花鉱山第五採掘場で認めらる不整合。ろう石化した凝灰岩類（鉱床）を変質していない凝灰岩類を覆っている。不整合面の位置をUで示した。写真の位置(X,Y)は第8図に示した。

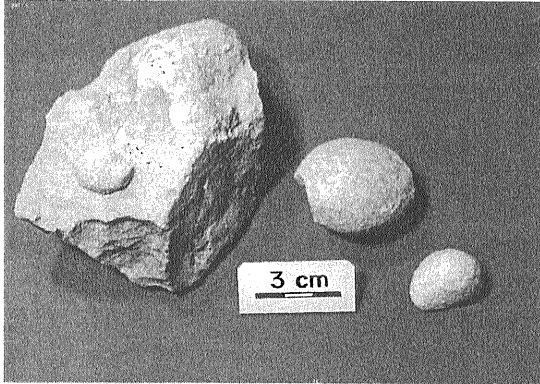
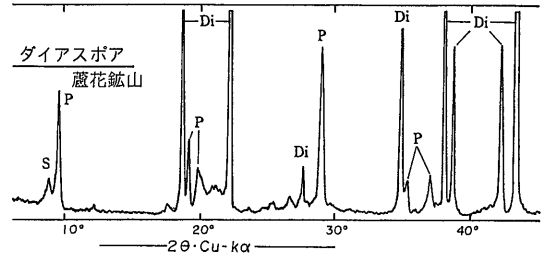


写真13 蘆花鉱山産の球状ダイアスポア。高品位部に点々と含まれる。径は2～3cmのものが多い。



第10図 蘆花鉱山産ダイアスポア鉱のX線回折パターン。実験条件は第5図と同じ。鉱物名の略号は、P、パイロフィライト、Di、ダイアスポア、S、セリサイト。

4. まとめ

今年度に開始された非金属鉱物資源に関する日韓研究協力の予察調査の結果に基づいて、韓国南西部の蘆花島のろう石鉱床の概要と新たに見いだされた今後の研究の糸口について紹介した。蘆花島のろう石鉱床は、規模の大きな鉱床であり、その詳細の解明には、なお一層の調査研究が必要である。詳細については、研究が進化した時点で、また紹介することにした。

文 献

姜 必鐘 (1969) : 蘆花島蠟石鉱山調査。地質鉱床調査報告書, No.11, p.163-169. 国立地質鉱物研究所。

高 尚模・李 東鎮・洪 世善・李 亨宰 (1994) : 全南地域, セラミックス原料鉱物の物理化学的特性の研究。韓国資源研究所 KR-94 (B) -6,75p.

Korea Institute of Geology, Mining & Materials (1995) : 1:1,000,000 Geological map of Korea.

松本寛造 (1979) : ろう石鉱床の探鉱開発指針。鉱山地質, 29 (5), p.281-290.

岡野武雄 (1988) : 韓国の非金属鉱物資源 (1)。地質ニュース, no.402, 22-32.

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.

須藤定久・沈 伯平・江 善慶 (1988) : 日本と中国のろう石鉱床—勝光山地区と青田地区を例に—, 耐火物資源に関する研究, p.80-86. 地質調査所・中国地質産部。

TAKAGI Tetsuichi, KIM Moon Young and SUDO Sadahisa (1998) : Roseki ore deposits in Nowha island, Southwest Korea—Start of new cooperative study in industrial minerals, between Japan and Korea—

<受付: 1998年10月13日>