

## ■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (32)

# ろう石資源の現状と問題点

Present Status and Point at Issue of "Rōseki Minerals"

谷 波 正 三\*

Shozo Taninami

### 1. はじめに

ろう石とは酸性火山岩類、火山砕屑岩類および凝灰岩類が熱水変質作用をうけ生成された微細な含水珪酸礬土鉱物の緻密な集合塊で、軟質でその外観がろう感を有するところから名付けられたもので、本来は鉱物としての「葉ろう石」Pyrophyllite,  $(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O)$  を主成分とする岩石で、古くは印材、石筆石、彫刻材に用いられたのが始まりであるが、現在は耐火物、陶磁器などの窯業原料として、また粉碎加工した粉末原料のクレーとしてガラス繊維、農業、ゴム、塗料、クレンザーなどの諸工業において工業用鉱物資源として広く利用されている。

このような熱水変質交代作用によって「カオリン」Kaoline  $(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$  とか「セリサイト」Sericite  $(K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O)$  などの粘土鉱物が同一鉱床から産したり、これ等が主成分鉱物を構成する場合がある。後者の場合にはカオリン質ろう石、セリサイト質ろう石と称し、この種岩石をろう石の範疇に入れるのが通例である。

わが国のろう石の生産は今年年間約90万トンで世界で最も多く、隣国韓民国の生産が約70万トンと世界第2位であり、うち20万トン強がわが国に輸出されている。次いで中華人民共和国の生産が約30万トンで、この三国で世界のろう石の90%を産している。これはわが国の西南日本に見られる中生代後期中・酸性火山岩類や花崗岩が、韓半島の南部を経て中国の華南地区にも広く分布しており、この時期に東アジアの大陸縁辺部に広く火成活動の生じた事を示し、ろう石鉱床がこの火成活動に関連して生成されたことによるものである。

この三国のろう石鉱床の開発は、それぞれの国におけるこの種原料を使用する工業の発展段階と密接な関

係をもち、わが国への輸出と密接な関係を有している。東アジアに特徴的なろう石資源の現状と問題点を以下にとりまとめた。

### 2. わが国のろう石資源<sup>1)</sup>

#### 2.1 ろう石開発の歴史

わが国のろう石は今から190年前、徳川時代の中期に岡山県三石地区で彫刻用石材として使用されたのが起源といわれ、その後明治に入って小学校の学童用品として石筆が生産され、明治中期に入ると彫刻(置物)、石筆などに使用出来る上等のろう石に附随して生産される並級のろう石を原料として、耐火煉瓦の製造が開始されたといわれる。すなわち古い報告によると「備前三石村に含水珪酸礬土からなるろう石を産し、月平均36万本の石筆を製するも、その質よく猛火に耐うべきを以て、ガラス製造坩堝および冶金用材料に需要せば……云々」とあり、わが国でろう石が坩堝や耐火煉瓦の原料として独自の用途を開いたのが、その当時に始まることを示している。かくして三石ろう石が耐火煉瓦として品質的にすぐれていることが判明し、埋蔵量の豊富なことを相俟って需要が漸次増加するに至ったと考えられる。そして明治中期から後期に至るわが国の諸工業の発展に伴ない、坩堝原料、陶磁器原料としても利用されるに至った。

一方、当時英国から輸入していた製紙用クレーに代って、ろう石を粉碎水箴した「ろう石クレー」の利用が着目され、大正時代には三石の北西部の吉永・板屋地区においても、ろう石の採掘とろう石クレーの生産が開始され、大正末期にはわが国で洋紙の生産が急増すると共にその需要が増大して行った。そしてこの資源の重要性を知った岡山県三石の先駆者達は、広島県北部の中国背陵山地に近い庄原地区や、遠くは五島列島の福江島にまでろう石開発に進出したといわれる。そして近代工業の発展と共に、製鉄に不可欠の耐火物原料、洋紙の製造に不可欠の充填用及び塗料用粉材とし

\* 服部鉱業㈱代表取締役副社長兼平木鉱業所長  
〒673-14 兵庫県加東郡社町平木1310-9

での利用面を開拓して来た。

わが国のろう石の生産は日支事変、第二次世界大戦等の軍備強化により増大し、昭和13年から17年にかけては全国で約36~39万トン/年の生産に達したが、敗戦による産業の荒廃によりろう石鉱業も大きな打撃を受け、昭和22年は戦前の2分の1の生産にまで激減している。その後戦後の復興と昭和30年代の重化学工業化による高度経済成長時代に入り、生産量は逐年上昇し、昭和38年より昭和44年頃にかけては爆発的な増加を示し、昭和44年には過去最高の166万トンに達し、韓国からのろう石の輸入も、昭和35年の約1万トンから3万トンに増加した。

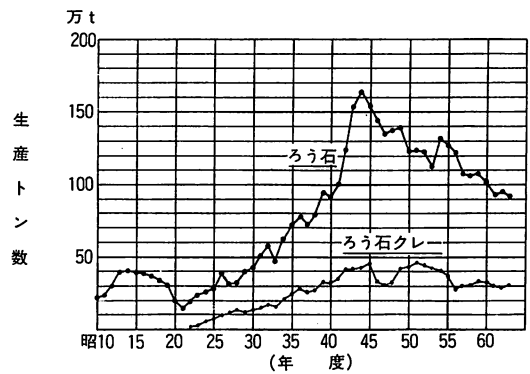
しかしながら、わが国の経済復興に伴って増加して来たろう石及びろう石クレーは、昭和45年を境に反転し、特に昭和48年の石油危機以降の産業構造の変化、技術革新及び省エネ化の進展などにより、その生産は減少の一途をたどり、今日では辛うじて90万トンの生産ラインを保持している現況である。

表1は昭和10年から昭和63年に至る間のろう石及びろう石クレーの生産量の推移である。

## 2.2 わが国のろう石鉱山

わが国の主要ろう石鉱山は、兵庫・岡山・広島・山口の各県から長崎県五島列島に至る類似地質区に分布

表1 ろう石及びろう石クレーの生産の推移



し、主要産地は岡山県三石地区、広島県庄原地区、兵庫県越知谷及び平木地区、山口県奈古・須佐地区、長崎県五島列島福江島があり、また別に東北上信地区、長野県などがある。いずれも酸性火山岩類(石英粗面岩及び全質凝灰岩類など)の低温熱水性成因に属し、塊状の鉱床となっている。

図-1にその分布を示す。

## 2.3 ろう石の用途

### (1) 窯業原料としてのろう石

ろう石の最大の消費者は耐火煉瓦工業であった。わが国では岡山県三石産ろう石を原料として粘土質耐火

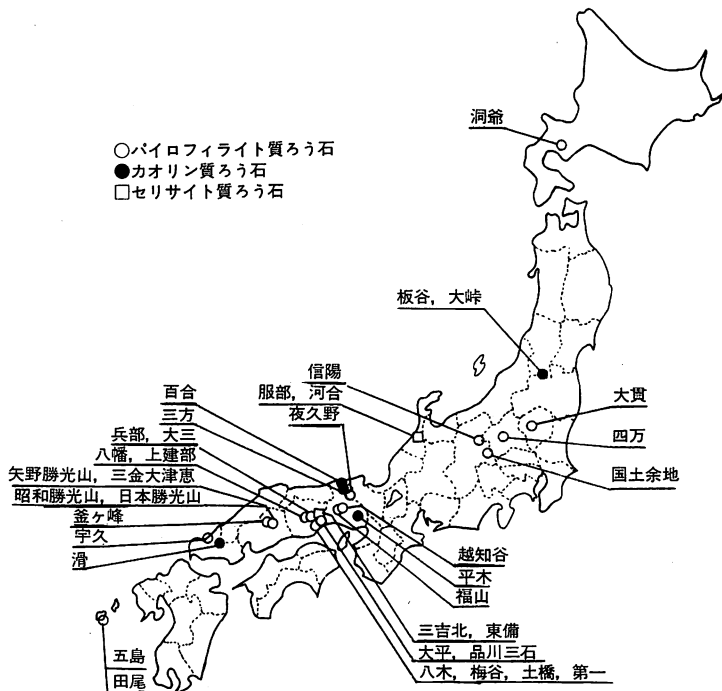


図-1 わが国主要ろう石鉱山分布図

煉瓦が独自の発達をとげた事は前述のとおりであるが、その理由はろう石は焼成収縮が耐火粘上比し著しく小さいので、予め焼成してシャモット（焼粉）を造る必要がなく、しかも焼成後の強度にすぐれ、侵蝕に対する抵抗性も大きいからである。かくて10年前までは年間50万トン以上の国産ろう石と、数万トンの韓国からの輸入ろう石が、耐火煉瓦や不定形耐火物、モルタル用に使用されて来た。しかし近年は鉄鋼生産の減少、技術革新による変化により粘土質耐火煉瓦の需要は低下を続け、国産ろう石の耐火物用需要は年間30万トン程度にまで減少している。

他の消費分野としては陶磁器（主としてタイル）があり、年間20数万トンが利用されている。この分野では葉ろう石質ろう石以外に、カオリン質ろう石やセリサイト質ろう石が、それぞれの鉱物特性に応じて、衛生陶器、碍子、食器、玩具などの分野に広く利用されている<sup>10</sup>。

#### (2)粉材としてのろう石クレー

一方ろう石はクレーと呼ばれる微粉に加工精製され、製紙・ゴム・ペイント・農業及び硝子繊維工業の分野において広く利用されている。

微粉の製造方法としては湿式粉碎と乾式粉碎によるものとの二方法があり、湿式の場合は磨鉱機としてはチューブミルやボールミル、分級機としてはドラッグ分級機や遠心分離機が使用され、化学処理による脱鉄・漂白を行い、沈降タンクで濃集後、フィルタープレスで脱水、そのケーキをバンドドライヤーで乾燥後解砕し、包装出荷する方法が用いられる。乾式粉碎の場合は磨鉱機としてはローラーミルが一般的であり、一部ボールミル等も使用している。必要に応じ磨鉱機の上流工程にロータリッドライヤーを設置したり、下流工程に空気分級機や磁選機を組み合わせている。

過去におけるろう石クレーの最大のマーケットは製紙工業であり、昭和44年にはろう石クレーの全出荷量の約70%、量にして約27万トンが出荷されている。しかしろう石クレーの場合、分級後においても、微量の遊離の石英を有するところから、抄紙設備及び付帯設備などの設備摩耗の問題から、輸入カオリン（アメリカのジョージアカオリン）及びタルク（中国産が主流）に急速に代替えされ、又近年では炭カルスの台頭もあり、昭和55年には3万5千トンと最盛期の13%にまで激減、全出荷量の20%にまで低下し、今日では殆んど使用されていない。

製紙用ろう石クレーが湿式法で製造されたクレーの

最大消費分野とすると、乾式法で製造されるろう石クレーの大きな消費分野は農業用クレーであり、新しい分野として、ガラス長繊維用クレーの分野が製紙用クレーの分野にとって代って大きく成長して来た。

農業用クレーとは端的に表現すれば農業の担体（キャリアー）で粉剤・粒剤・水和剤等に今日大凡年間20万トンのろう石クレーが消費されている。粘土鉱物を中心とする鉱物質担体を、農業に用いた歴史はそれ程古くなく、第2次大戦後、作物の病虫害や雑草の防除技術が有機合成品や抗生物質の農業の開発により飛躍的に進み、農業が肥料・農機具などと共に農業生産資材として欠くことの出来ないものとなったからである。そして昭和44年頃まではこれまた順調に伸びて来たが、昭和45年のBHC、DDTの販売禁止、農業使用の規制の強化及び近年の減反政策等により需要は停滞し、伸びなやみの状況にある。また農業用鉱物質担体としてはベントナイトやタルク、ならびに炭カルなどが利用されており、これ等を合計すると約40万トン/年の需要と考えられる。

グラスファイバー用のろう石クレーは、昭和40年代の前半から使用されるようになった新しい分野である。葉ろう石及びカオリン質ろう石が低アルカリ成分の熔融反応性の良いシリカ・アルミナ原料である事から、カオリン粘土と珪砂にとって代って着目された。強化プラスチック（FRP）を出発点としたガラス長繊維の需要は、今日エレクトロニクス・自動車関連の分野を中心に、建築・耐蝕工業の分野にまで用途の裾野が広がっている。そして昭和64年にはわが国のガラス長繊維の消費は約30万トンに達し、それと共にグラスファイバー用ろう石クレーの需要も増大し、今日では年間20万トンを上まわるものと考えられ、将来にわたって大いに希望の持てる分野である。しかしながらわが国のろう石鉱山に於ける高アルミナ質鉱物の枯渇と、良品質のろう石の生産量の限界より、その原料ろう石の60%以上が韓国（一部中国）よりの輸入に依存せざるを得ない現状である。

その他のろう石クレーの消費分野としては塗料・ゴム・無機薬品・クレンザー・建材用等多岐に亘っているが量的には僅少であり、今後の展望についても詳細不明である。

### 3. 大韓民国のろう石資源

#### 3.1 現況

韓国に於けるろう石の生産は、わが国のそれが減少

する傾向にあるに反して、近年70万トンを超え、わが国の90万トンを凌駕する勢いである。

その生産・輸出量は<sup>9)</sup>

(1)生産量

1983年	460,992トン
1984年	656,442
1985年	735,304
1986年	587,049
1987年	690,819
1988年	700,000 (推定)

(2)輸出量

	1985年	1986年
日 本	130,994	122,359
台 湾	85,803	75,020
スリランカ	8,000	4,000
インドネシア	380	390
その他	27	2,000
	225,204	203,769

である。これはわが国のグラスファイバー用クレール原料・タイル原料・耐火物原料等に対する需要の増大と台湾に対する輸出の大幅な増加のみならず、韓国国内に於ける耐火物・タイル・白色セメント用原料としての旺盛な需要によるものである。

1989年に於ける対日輸出量は20万トンを突破し台湾にも8万トン以上の輸出実績である。

3.2 韓国のろう石鉱山

韓国の主要ろう石鉱山の位置を図-2に示した。

韓国で最大規模の葉ろう石鉱山は、全羅南道莞島郡蘆花面久石里にある莞島鉱山と、それに隣接する蘆花鉱山で、この2鉱山で約30万トン/年以上の生産である。

(1)莞島鉱山

莞島鉱山は戦後1959年に始り、今日までの30年間に約300万トンの生産実績と見なされる。20有余年前にわが国の製紙用ろう石クレールの原料として、 $Al_2O_3$ 成分22~24%の高品位鉱を輸出したのに引き続き、耐火物用そしてタイル・白色セメント用原料と、その品質の枠が拡大し、低品位鉱の輸出も可能となった。また台湾・韓国国内に於ける工業の発展と共に台湾に対する輸出と国内需要も急増した。近年わが国に輸出されるろう石の用途は、往時の耐火物用からグラスファイバー用クレール原料と大きく変化して来ている。

1981年秋に、この蘆花島に海底ケーブルで高圧動力線が敷設され、大型の選鉱場が建設され、能力的に月

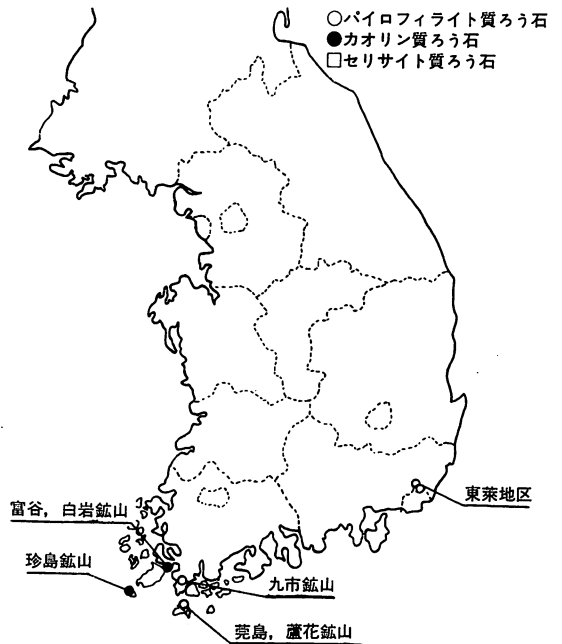


図-2 韓国主要ろう石鉱山分布図

産3万トンの処理が可能となり、世界一のろう石鉱山となった。

1990年3月現在の生産量は、

日本向けグラスファイバー用

3,000トン/月 ( $Al_2O_3=20.0\%$ )

日本・一部台湾向け耐火物用

2,000トン/月 ( $Al_2O_3=18.5\%$ )

韓国内耐火物用

6,000トン/月 ( $Al_2O_3=18.5\%$ )

日本・台湾・韓国内タイル・セメント用

8,000トン/月 ( $Al_2O_3<16.0\%$ )

の合計19,000トン/月、年間23万トンと見られ、内輸出が16万トン、内需が7万トンの割合と推考される。

(2)蘆花鉱山・その他

蘆花鉱山は莞島鉱山に隣接し、鉱床は連続している。韓国第2位の葉ろう石鉱山で、約6万トン/年を輸出約3万トンを国内に供給している模様で、採掘の主体は坑内採掘である。

その他葉ろう石鉱山としては、全羅南道海南部の九市鉱山と海南鉱山があり、夫々年産2万トン程度でその50%が輸出である。

次に韓国に於ける最大のカオリン質ろう石鉱床地帯にある白岩鉱山と富谷鉱山(全羅南道海南郡黄山面外笠里と富谷里)について紹介する。

(3)白岩鉱山及び富谷鉱山

当域の開発は1928年日本の鉱業会社が、明ばん石とカオリン鉱を採掘したのが始まりとされ、1946年以降カオリン鉱が韓国内の耐火煉瓦原料として使用され、低アルミナの所謂“準陶石”が陶磁器原料として採掘されて来た。現在はこの陶石を白岩鉱山で月当り約1万トン露天掘で採掘している。品質は $Al_2O_3$ 約12%前後、鉄分0.2~0.4%である。出荷先は、

日本向けグラスファイバー用	3,000トン/月
台湾向け陶磁器用	3,000トン/月
韓国内 陶磁器用	1,000トン/月
韓国内 白色セメント用	2,000トン/月

である。

また、1980年より政府資金により継続実施されて来た試錐探鉱により、白岩鉱山の西南延長部にカオリン鉱が発見され、1982年富谷鉱山としてインクライン斜坑を開坑、坑道掘進による探鉱出鉱を開始した。その後わが国の同和工営株式会社及び服部鉱業株式会社社の技術指導により、トラックレス・マイニング法を採用、現在は海水準以下-25~-45mLに賦存する厚み10~15mのカオリン質鉱を、月約5,000トン坑内採掘で出鉱している。その内訳は

日本向けカオリン	300トン ( $Al_2O_3 > 33\%$ )
日本向けグラスファイバー用	2,500トン ( $Al_2O_3 > 23\%$ )
全 上	1,000トン ( $Al_2O_3 > 17\%$ )
韓国内耐火物用	500トン ( $Al_2O_3 > 33\%$ 鉄分の多いもの)
韓国内陶磁器用	500トン ( $Al_2O_3 \approx 16\%$ )
全 上	500トン (水洗選鉱の尾鉱)

である。

### 3.3 問題点

韓国の主要ろう石鉱山の現状は上記の通りであるが、葉ろう石鉱山にあっては、鉱量的には過去の採掘量と略々同量の鉱量を有するものの、 $Al_2O_3$ 成分が18.5%以上で鉄分も0.15%程度と少ない高品位鉱の賦存割合が低下すると共に、賦存位置も公道・民家・墓地の下とか、海水準以下の深い所に連続していたりで当然剥岩比率も高くなる傾向にある。この事は併産される低品位鉱の割合の増加から全体的な品質低下につながる恐れも大きい。

それにも増して、輸出の増加のみならず、韓国国内に於けるこの種原料を使用する諸工業の発展と新しい台頭により、高品位鉱の逼迫に拍車がかかる事となり、それが輸出価格の高騰を招来する現状となって来た事

である。わが国への輸出により合理化を進めて来た韓国のろう石鉱山は、今日国内産業の発展と共に内需の増加といった需要構造の変化を来たしつつあり、それがわが国への輸出量、品質、価格面に大きな影響を与える因子となって来た。

カオリン質ろう石鉱山の富谷鉱山は、その $Al_2O_3$ 成分の高いことから、グラスファイバー用クレーの $Al_2O_3$ 調整材として賞用されて来たが、その鉱床範囲は120×320mの広さであり、既にその50%以上は採掘済みで、残山命は2~3年の鉱量である。1989年に-45~-85mLの深部に延長が確認されたが(試錐探鉱)、海面下80mの地下深所では、 $8\text{ kg/cm}^2$ の水圧で湧水量も増え、地圧も大きくなり、その上鉱床傾斜が急なのでこれの採掘は可成り困難が予想される。

低アルミナの所謂“準陶石”の白岩鉱山カオリン質ろう石は、その賦存範囲も広く、採掘条件も露天掘が容易な条件に恵まれているので今日の所不安はない。

## 4. 中国のろう石資源

### 4.1 現況

中国は所謂ろう石の原産地とされ、すでに五代の頃から採掘して彫刻用に供せられたと伝えられている。20世紀初頭より印材として賞用されたといわれ、今日中国各地の友誼商店において、土産用の印材を多く見受ける事が出来る。

中国での産地は華南の浙江省と福建省が主体であり、彫刻材・印材としての寿山石(福建省福州市、カオリン質)、温州石・青田石(浙江省温州市、青田県、葉ろう石質)などが有名である。図-3は今日までに知り得た中国のろう石鉱山分布図である。

中国に於けるろう石資源の開発状況は非常に立ち遅れている。工業用鉱物資源の開発はその地域でそれを原料とする工業の発展と深い関係を有する事より当然の事であり、中国ではろう石の生産は

1980年	67,000トン
1983年	106,000
1985年	170,000
1986年	200,000

で、その70~80%が浙江省、残りが福建省とされ、用途は耐火物21~23%、タイル60~61%、ガラス繊維10~12%であり、タイル工業での需要増と相俟って1990年には30万トンに達するであろうとの事であった。事実1989年の浙江省での葉ろう石質及びカオリン質ろう石の生産見込は、191,000トンで、日本に18,000トン、

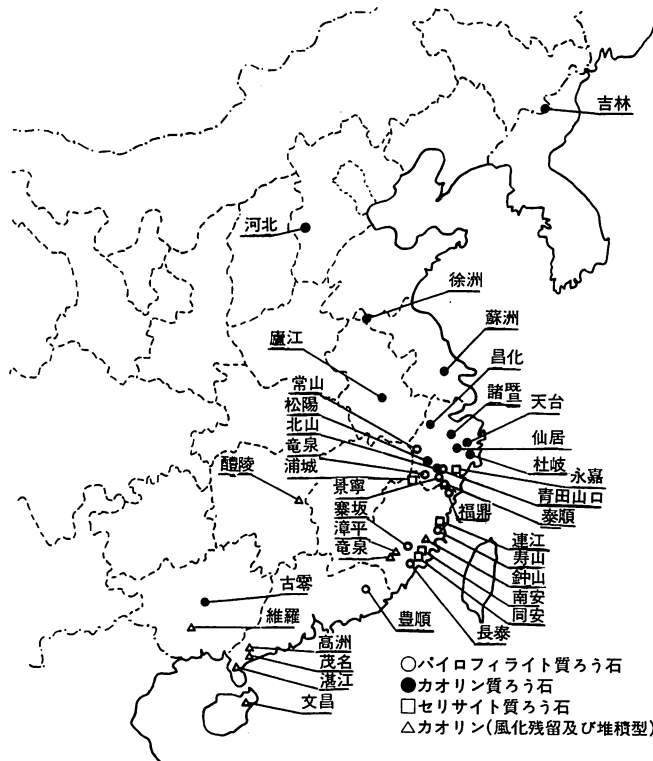


図-3 中国主要ろう石鉱山及びカオリン鉱床分布図

台湾に3,600トンの輸出見込みであり、セリサイト質ろう石である伊利石（イライト）は、日本に15,000トン程輸出と報じられている。

4.2 中国のろう石鉱山

中国に於ける葉ろう石鉱山のメッカは浙江省青田県の山口葉蛭石鉱山である。

(1)山口葉蛭石鉱山

温州市より甌江沿いに温溪を経て青田県城に車で約2時間半、ここより甌江の支流沿いに20Km南下、自動車約1時間で山口に達する。5鉱床で1,200万トンの鉱量とされ、坑内採掘で年6万トンの生産である。粉体も生産されておりグラスファイバー用に出荷されている。

(2)泰順葉蛭石鉱山

温州市の西南西直距110km、自動車約210Km 6時間半で達する。鉱量は約900万トンと推定され、鉱床賦存状況より露天掘りが可能である。1981年の開山であり、採掘量は1989年には3万トンで、鉱山に近い仕場には乾式粉碎工場があり200メッシュの製品を2,000トン/年生産、温州のタイル工場に出荷している。

次に中国に於ける最大の熱水変質交代作用によるカオリン質鉱山を紹介する。

(3)蘇州カオリン

中国高岭土会社の経営するこの蘇州カオリンは、ろう石鉱とは区別され、統計的にもろう石類の範疇に入られていない。

上海より鉄道にて蘇州まで特快で1時間、駅より公司まで約10Kmで達する。鉱量は3,000万トンと称され、現在2鉱床で坑内採掘で年約20万トンを出鉱している。用途は国内用で製紙・陶磁器・ゴム・耐火材など広汎である。出荷量の約30%は湿式分級品であり、一部乾式粉碎品もある。

(4)その他

浙江省松陽県城より南へ40Kmの所に松陽カオリン鉱山あり、鉱量数十万トン、生産量2万トン/年、松陽県城には湿式・乾式両方のパイロット・プラント的粉碎工場がある。

臨海県杜岐カオリン鉱山も鉱量2~30万トンクラスのカオリン質ろう石鉱山で、年数千トンを出鉱、明ばん石が場所によって可成り産する。

北山（孫山）カオリン鉱山、浙江省青田県北山に産し、鉱量40万トン未満、坑内採掘で15,000トン程度出鉱、場所により葉ろう石の多い所がある。

上京カオリン鉱山、浙江省諸暨県に位置し、杭州よ

り130Kmの所、 $Al_2O_3$ 21%以上の鉱量170万トン、低品位を含めると数百万トンに達する。1989年11,000トン生産。

#### 4.3 問題点

中国に於ける鉱物資源の開発は、山村の貧困救済のための鉱業振興政策であるため<sup>4)</sup>、今日小規模な資源も全て対象として鉱床開発が行なわれているので、今後これ等の鉱床の中から重点的に合理的に開発をすすめる鉱山と、その鉱床規模にあった開発をするものとの選択に迫られるものと考えられる。

また、中国では粘土鉱業全汎を発展させるために、沿海地区経済開発区で重点的に粘土業界を発展させる方針をとると共に、蘇州非金属鉱工業設計研究院に専門研究室、先進設備の科学研究設計基地を作り、今後国外の先進技術の導入などを計画しています<sup>5)</sup>。

斯様に今日まで余り重視されていなかったこの種資源に対し、社会主義経済建設に於いて重要な工業原材料と位置づけられ発展策が講じられつつあります。

### 5. むすび

ろう石は、わが国に比較的豊富に賦存する資源の一つであり、わが国が独自の技術で窯業・製紙業・化学工業等の分野で利用して来た工業用鉱物資源である。そしてろう石鉱業は、需要の増加に対応して生産規模を拡大し、豊富・低廉な安定供給体制を整える事によ

り、わが国の経済発展に大きな役割を果たして来た。

しかし今日のわが国のろう石鉱業をめぐる環境変化は著しく、技術革新・需要構造の変化により需要の不振・低迷といった状況以外に、鉱量枯渇、品位低下、採掘条件悪化、環境保全と鉱害防止といった操業条件の悪化が著しく、月1万トン以上生産する鉱山は数山にすぎず、ほとんどが中小零細鉱山であるのが現実である。

反面グラスファイバー用クレーに対する供給量と、その品質要件は年々増大し、国内資源ではそれに対応出来ない状況となり、沿岸資源に対する依存度が年々高まって来た。斯様な背景の中で、韓国にあっては、諸工業の発展と共に同種資源の国内需要が増大しつつあり、新鉱床の発見・開発が期待される中国を無視出来ない状況にあると言う事が出来る。近代化を進める中国に期待する所大である。

#### 参考文献

- (1) 谷波正三；ろう石の話，骨材資源，No. 73 (1987)
- (2) 通商産業調査会；鉱業便覧 (1990)
- (3) Benbow, J; Pyrophyllite Far East steels the market, Industrial Minerals, June (1988)
- (4) 岸本文男；貧困救済と鉱業振興，地質ニュース，402号 (1988)
- (5) 郝文南；我国沿海地区の粘土鉱業を速やかに発展させるには (中文)，非金属礦，6 (1988)

