花崗岩を考える

松原 寛*・四元 弘毅*

Possibility of Granite Utilization

Hiroshi MATSUBARA and Hiroki YOTSUMOTO

1. はじめに

石英長石は代表的な造岩鉱物であると同時に、幅広い用途を持つ重要な工業原料でもある。石英は、板ガラス、ガラス製品、ガラス繊維、陶磁器、鋳物砂のほか、フェロシリコン、メタリックシリコンなどの工業原料として、また長石は、ガラス、セメント、陶磁器、タイル建材などの原料として、それぞれ使用されてきた。なかでも石英は、国内産出量2000万トン、海外からの輸入量60万トン¹⁾という大量消費型の原料であるが、近年、従来の用途に加えて新機能性材料への需要が増加してきており、将来の安定供給へ向けての原料確保を、考えておく必要性も既に指摘されている²⁾。良質の石英は、ペグマタイト鉱床の珪石、あるいは花崗岩、花崗閃緑岩源の珪砂として、また長石はペグマタイト鉱床からそれぞれ得られるが、近年、鉱床の枯渇化により、良質原料を海外に求めざるを得ない状況になりつつある。

雲母は、わが国では黒鉱からの絹雲母微粉を除いて、工業原料となるものはほとんど輸入に依存している。近年、くず雲母 (Mica Scrap) の活用が盛んになり、集成マイカとして種々の形状に成形されて、絶縁材料として用いられるほか、マイカセラミックス、樹脂、塗料の充填剤、セメント混和剤など多種多様に用いられている。また最近では、金属めっきを施した雲母をプラスチックに充填し、電磁シールド材として利用するという新しい用途も開発され、注目を集めている。

花崗岩は御影石とも呼ばれ、石英、長石、雲母を主成分とする、粗粒で結晶した岩石の総称であり、我々の生活にもっともなじみの深い岩石のひとつである。花崗岩は瀬戸内海をはじめ全国各地に分布し、建築石材、墓石、庭石などとして広く用いられてきた。著者らはこの花崗岩に着目し、無尽蔵にある石英・長石・雲母の国内資源

として、その工業原料化の可能性について目下検討を行っている。以下に現在まで得られた知見を紹介する。

2. 単体分離と分析

花崗岩を工業原料化するためには、まずその構成鉱物である石英、長石、雲母を単体分離することが必要である。花崗岩は圧縮強度が 1000 kg/cm^2 以上で、いわゆる硬石に分類されるが、一方熱変化に極めて弱く、加熱、冷却により脆弱化することはよく知られている³⁾。これは熱膨張と収縮により、花崗岩中に数多くの微少な亀裂が生じることが原因であるが、この亀裂が石英、長石、雲母の異種鉱物間に発生すれば、それら鉱物の単体分離が容易に実現すると考えられる。そこで花崗岩の熱処理による単体分離について検討した。

花崗岩試料として、福島県石川郡平田村産のもの、茨城県笠間市稲田産のものおよび岐阜県中津川市苗木産の荒目と細目の計4種類を用意した。

あらかじめ $3\sim 5 \text{ cm}$ 角に粉碎した試料を電気炉に入れ、 700°C にて30分間加熱したのち、常温の水の中に急冷した。加熱温度を 700°C としたのは、 α 石英から β 石英への転移の際に、線膨張率が著しく増大するのを⁴⁾、利用するためである。こうして処理した試料を手でもみほぐし、石英、長石、雲母をそれぞれピンセットで採取した。表1にこれら鉱物の分析値を示す。但し、表中、石英、長石のかっこ内の数値は、元素分析の値からそれぞれの酸化物に換算したもので、形態分析から得られたものではない。

これらの分析値によると、石英、長石ともにかなりの高品位のものが得られており、熱処理による単体分離が有効であることがわかる。また雲母中には、わずかながら、数種のレアメタルが含有されることが認められた。

3. 用途の可能性

次にこれら分離された鉱物の、用途の可能性について

* 公害資源研究所 資源第3部第1課

昭和61年4月28日受理

表1 花崗岩構成鉱物の分析結果

石 英		単位はすべて 重量 %		
	石 川	稲 田	苗木荒目	苗木細目
Si (SiO ₂)	44.64(95.5)	44.75(95.7)	44.73(95.7)	45.70(97.8)
Al (Al ₂ O ₃)	1.33 (2.5)	1.32 (2.5)	1.28 (2.4)	0.74 (1.4)
Fe (Fe ₂ O ₃)	0.05 (0.07)	0.03 (0.04)	0.03 (0.04)	0.03 (0.04)
Na (Na ₂ O)	0.52 (0.7)	0.54 (0.7)	0.64 (0.9)	0.36 (0.5)
K (K ₂ O)	0.24 (0.3)	0.39 (0.5)	0.19 (0.2)	0.24 (0.3)
長 石				
	石 川	稲 田	苗木荒目	苗木細目
Al (Al ₂ O ₃)	13.29(25.1)*	9.28(17.6)	9.75(18.4)	9.63(18.2)
Fe (Fe ₂ O ₃)	0.16 (0.23)	0.05 (0.07)	0.05 (0.07)	0.08 (0.11)
Na (Na ₂ O)	5.17 (7.0)	5.67 (7.6)	2.61 (3.5)	3.07 (4.1)
K (K ₂ O)	0.35 (0.4)	7.37 (8.9)	9.02(10.9)	7.94 (9.6)
* 要検討				
雲 母				
	石 川	稲 田	苗木荒目	苗木細目
Li	0.021	0.032	0.076	0.170
Nb	0.003	0.015	0.026	0.043
Ga	0.005	0.007	0.006	0.010
V	0.033	0.011	0.012	0.002

表2 ガラス原料珪砂の品質規格

板ガラス用珪砂

(1) 化学成分

SiO ₂	97%以上
Fe ₂ O ₃	0.08%以下
Al ₂ O ₃	1.3~2.3%

(2) 粒度範囲

0.1~0.5 mm

115 μ 以下15%以内

ガラス製品用珪砂

(1) 鉄 分

種 類	Fe ₂ O ₃ 許容限度%
光学ガラス	0.01
クリスタルガラス	0.02
食卓用ガラス	0.04
白素地びんガラス	0.035
電球用ガラス	0.05
理化学用ガラス	0.1
青、褐色びんガラス	2.5

(2) アルミナ

Al₂O₃ 3%

検討した。

石英の主たる用途と考えられる、板ガラス、ガラス製

品用珪砂の品質規格を表2に⁹⁾、また鋳造用珪砂の品質規格を表3に⁹⁾、それぞれ示した。ガラス原料とした場合、表1では苗木細目以外は SiO₂ 分が低く、不適当であるように思われるが、実際の工程では解砕過程で単体分離度の向上も期待できるのではないかと考えている。鋳物砂の場合、成分品位とともに粒度も重要である。表3に示したように、JIS では10種類が規定されているが、現在は48号の需要が多いといわれている。石英を原料化するためには、粉碎コストと用途の両面から、粗粒子で単体分離したものは粗粒子のままで回収の方が有利であると考えられる。現在著者らは、これに対して粗粒子浮選の適用を考えている。

長石の品質要件を表4に示す⁹⁾。花崗岩から採取した長石はいずれも特級規格を満足していることがわかる。

雲母はマイカスクラップとして、前述のように種々の用途があるが、これらは白雲母、金雲母、絹雲母といういずれも白色の雲母に対するものである。国内の花崗岩の雲母は黒雲母など、ほとんどが鉄含有量の高いものであるため、どのような用途が可能か、現在調査中である。また雲母中のレアメタルも含有量はわずかであるが、レアメタルの数少ない国内資源としての活用も期待できる。雲母中のレアメタルの回収は、白雲母中のガリウムを対象に、カナダで研究された例がある⁷⁾。この研究では、塩酸による加圧浸出を行うと、ガリウムの溶出がみとめ

表 3 鋳型用珪砂の品質規格

(1) 適用範囲 粘土分 2 % 以下のもの
(2) 分 類

種 類	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
1 種	98 以上	0.5 以下	1.0 以下
2 種	96 以上 98 未満	1.0 〃	2.0 〃
3 種	93 〃 96 〃	1.5 〃	4.5 〃
4 種	90 〃 93 〃	2.0 〃	6.0 〃
5 種	85 〃 90 〃	3.0 〃	8.0 〃
6 種	70 〃 80 〃	5.0 〃	15.0 〃

(3) 粒 度

号別	ふるいの呼び寸法 μ ()	内メッシュ	ピークの重量比
	上 限	ピーク 下 限	
10号	2,380	1,680 (10)	1,190
14号	1,680	1,190 (14)	840
20号	1,190	840 (20)	590
28号	840	590 (28)	420
35号	590	420 (35)	297
48号	420	297 (48)	210
65号	297	210 (65)	149
100号	210	149 (100)	105
150号	149	105 (150)	74
200号	105	74 (200)	53

ピーク砂重量比とその前後のふるいに留まる砂の重量比の和は70%以上

られたと報告されている。著者らは、稲田産花崗岩の雲母に対して、塩酸を用いた常圧浸出を行ったが、雲母中の鉄、アルミは溶出したものの、表 1 に示したレアメタルは浸出液中に検出されなかった。また浸出残査の雲母はX線回析によると、アモルファス化している徴候が見られた。

花崗岩の組成は、石英が約40～60％、長石が30％～40％、雲母が5～10％とされている³⁾。著者らが磁選により分離した雲母の重量百分率は、石川産24.5％、稲田産5.9％、苗木荒目5.8％、苗木細目2.4％とかなりのバラツキが見られた。いずれにしても、雲母まで含めて、すべての鉱物が活用されることが望ましい。

4. 処 理 プ ロ セ ス

花崗岩の有効利用を図る処理プロセスとして、目下検討中のものの概念図を図 1 に示した。以下に各プロセスの概要を述べる。

(1) 熱処理粉砕プロセス

通常の粉砕法により 1 次粉砕された花崗岩を加熱、急冷し、ペブルミルにて解砕を行う。この過程で雲母の過粉砕を許容するならば、アトリションマシンによ

表 4 長石の品位と用途

	Fe ₂ O ₃ %	用 途
特級	0.3 以下	白色釉薬用
1 級	0.5 〃	釉薬、白素地用、板ガラス用
2 級	0.8 〃	素地および碍子用
3 級	1.0 〃	珐瑯鉄器用

る解砕も可能であろう。

熱処理を行う場合には、エネルギーコストが問題となる。南アフリカで行われた珪石の熱処理粉砕の研究では、熱処理による粉砕強度の半減と加熱コストとが相殺して、トータルの粉砕コストは熱処理を加えない場合と同等であるという結果が出されている³⁾。花崗岩の場合は珪石と異なり、熱処理後の強度の低下が著しいため、コスト的にもむしろ有利ではないかと予想される。

(2) 雲母分離プロセス

解砕された産物から、乾式あるいは湿式により雲母の磁選分離を行う。この場合も雲母の微粉化が問題とならなければ、浮選による分離も可能であろう。

(3) 石英・長石分離プロセス

雲母を分離した残りの産物を分級し、粗粒部分、微粒部分に分け、それぞれについて、浮選による石英、長石の分離を行う。粗粒子浮選を行うのは、前述のように、粉砕コストの低減と石英の用途拡大のためである。

(4) 雲母処理プロセス

黒雲母の素材化を図るため、脱鉄等必要な処理を行

図 1 花崗岩の処理プロセス概念図

う。加えて雲母中のレアメタルの回収をめざす。酸による加圧浸出、ハロゲン化焙焼などのプロセスを検討中である。

5. お わ り に

以上、花崗岩の工業原料化を目的として、検討中のことがらを紹介した。花崗岩の有効利用のためには、言うまでもなく、石英、長石、雲母の全てが、原料化されることが望ましい。そのために、雲母の素材化技術などについて、さらに調査、検討を続ける予定である。

参 考 文 献

- 1) 昭和58年資源統計年報，通産省大臣官房調査統計部編
- 2) シリコン原料調査研究報告書，昭和58年，社団法人日本電子工業振興協会
- 3) 非金属工業材料，昭和39年，永井彰一郎著，日刊工業新聞社
- 4) 陶器・磁器，昭和35年，檜山真平著，日刊工業新聞社
- 5) 鉱産物の知識と取引，昭和53年，吉田國夫著，財団法人通商産業調査会
- 6) 日本工業規格，JIS G 5901-1974
- 7) W.G. BALDWIN, *et al*, Hydrometallurgy, 5, (1980), 213
- 8) A. KANELLOPOULUS, *et al*, Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, OCTOBER, (1975) 45