

# 石材としての花崗岩の採掘

河野 雅 英<sup>1)</sup>

## はじめに

石材といわれるものには、火成岩系、変成岩系、堆積岩系、の3つのものが有りさまざまな用途に用いられています。古代では石質の柔い砂岩や石灰岩などの堆積岩系の石材が多く用いられ、一部節理の発達した比較的採掘しやすい安山岩も用いられていました。近代技術の発達とともに硬い火成岩類の採掘が可能になりました。採掘技術の発達は、削岩機や重機の発達、火薬類の発達に負うところがかなりあり、現在もこれらの組み合わせが基本になっています。特にヨーロッパでは古くから花崗岩が石材として採掘され利用されています。

花崗岩はその硬さ美しさ耐久性の良さで需要があり、初めは規格の大きさに割られたものをそのまま敷いたり、積んだりしていましたが、石の加工技術の発達、とくにダイヤモンド工具の発達により様々な加工が施され建築用の素材（ビルの内外装、床材など）として多量に使われるようになりました。また記念碑（日本では主に墓石）にも多く使われておりその他特殊な用途にも使用されてきました。

日本でも国土の12%が花崗岩からなり多くの採石場があります。ただし石材の条件として、1) 美しいこと 2) 均質であること 3) 新鮮であること（硬いこと） 4) 大量に採れることが要求され、原石山として 1) 採掘しやすい地形であること 2) 交通の便がよいこと 3) 消費地に近いことなどが求められるため採石場は地域的に限定されています。茨城県笠間市稲田付近の花崗岩もその1つで、明治29年(1896年)の採掘開始以来、近接の筑波、真壁地区と合せて日本有数の産地へと発展してきています。ここではあまり知られていない石材の採掘法と問題点及び利用の傾向について、解説してみたいと思います。

## 花崗岩の採掘

花崗岩の採掘はほとんど露天で行なわれています。原石山から石材を切り出すことを<石切>といい、採石場を<丁場>といいます。石材の採掘は出来るだけ石をいれず効率よく大きな原石を採ることにあります。花崗岩には、冷却時に収縮によってできた節理や隆起によって地表に露出した際上部の荷重が取り去られることによって出来たとと思われる地形に平行する割れ目、その他、熱水の上昇で生じた脈や断層などがあります（これらを総称してキズと呼んでいます）。また、石目といって特殊な方向に割れやすい性質をもっている岩石も有り、これらをよく利用して採石が行なわれています。採掘の形態としては以下の方法に区分されます。

### 1) 玉石の採掘（写真1）

花崗岩の風化はキズに沿って進み真砂化しますが、キズの間隔が粗い所が風化しきらずに大きな玉石となって真砂の中に残ります。まわりの砂が雨水などによって、流されて露出したものを火薬を使って採石します。初期の採掘場で多く見られます。経済効率が最も良く、インド、ブラジル、南アフリカなどの採石場で一般的です。

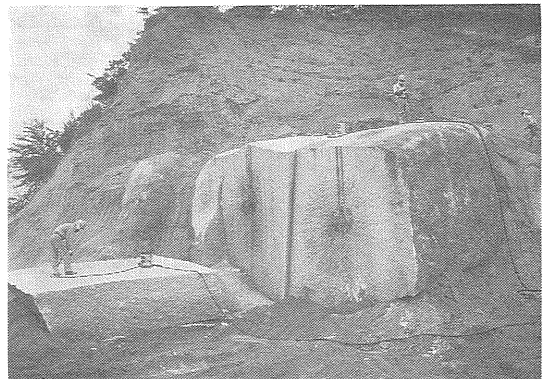


写真1 玉石の採掘。笠間市稲田西沢

1) 榊タカタ 採石部：〒309-15 茨城県笠間市稲田

キーワード：花崗岩，石材採掘法，石切，ジェットバーナー，  
クォーリパドリル

## 2) 傾斜採掘法 (写真2)

地表に平行したキズを利用して採掘する方法で、日本では山の傾斜がきつい場合が多いために急勾配の採掘場に成りやすかつ深くなるに従ってキズの間隔が広く、キズもかたくなるためにいきまることが多い。小さな採石場でみられることがあります。機械の導入ができず、安全性も低い欠点があります。



写真2 傾斜採掘法。中華人民共和国山東省五連 361採石場

くなるほど経費は増大します。海外ではアメリカ合衆国、フィンランド、カナダ、南アなど雨の少ない地域でよく見られます。



写真4 地下掘式採掘。南ア共和国ラステンバーク地方、ベルタナダーク採掘場

## 3) 階段採掘法 (写真3)

現在、山腹で採石している多くの採掘場がこの方式をとっていますが、1度に多くのステップを作らず1段を採り終るごとに次のステップを作る方式で行なわれることが多いようです。初期投資がかかるが安定すれば効率が高く、安全性も高い。

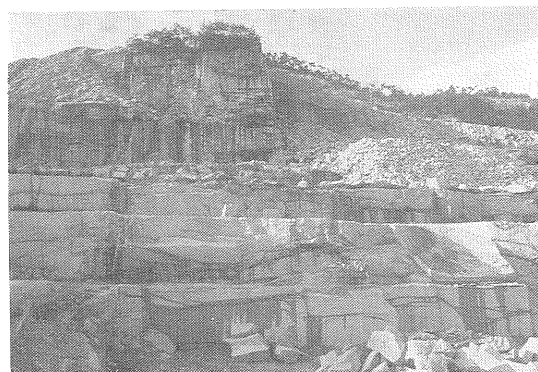


写真3 階段採掘法。笠間市稲田 榎タカタ西沢採石場

## 原石の切り出し

ベンチから石材を採るための大きなブロックを切り出すには、現在ジェットバーナー（トーチカット）による方法とクォーリパドリル（スロットドリル）による方法がありますが、前者の方法を採っている採石場が現在の所1番多い状態です。

## i) ジェットバーナー (写真5)

花崗岩は、長石、石英、雲母より主に構成されますが、これら鉱物はそれぞれ膨張率が異なります。このため、適当な熱を与えてやると分離したりひび割れができたりして剥がれてきます。これら剥がれたものを吹き飛ばしてしまえば、更に新しい部分が削れていくことになります。このように適当な熱源とはがれたものを吹き飛ばす圧力が調和するように作られたものがジェットバーナーとよばれるもので、1955年アメリカで実用化されました。

ジェットバーナーの最高温度は1800℃に達し、その削溝能力は灯油を圧縮空気で霧状にするノズルによっても異なります。稲田の花崗岩で1時間あたり0.8~2.0m<sup>2</sup>削ることができます。この機械の長所は軽く持ち運びが容易で、機動性に富み操作も比較的簡単なところにあります。短所としては120ホーンを越す高い騒音と多量の粉塵の発生といった問題があります。

## 4) 地下掘式(ピット式)の採掘 (写真4)

岩盤の安定した比較的傾斜の緩い地形での採掘や石質の良い所のみ掘り進んだ結果、地下掘りの形態になる場合が有ります。日本でもさほど多くはないが見られます。雨水や湧水の排水、原石の搬出等に問題があり、深

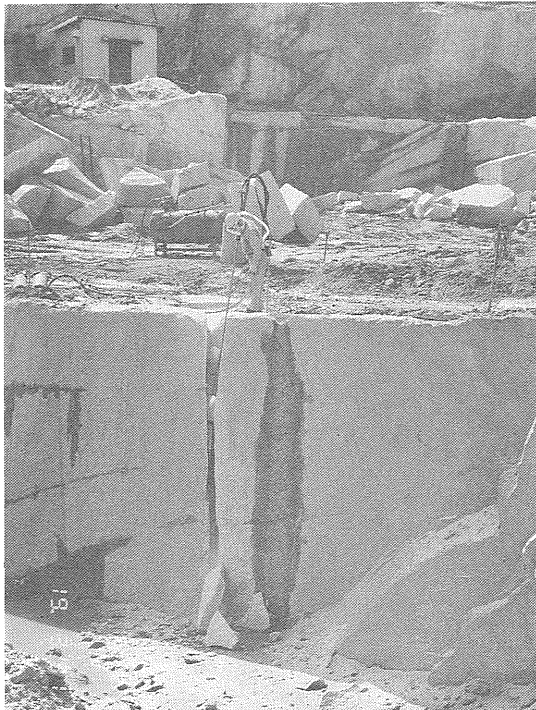


写真5 ジェットバーナー作業風景

ii) クォーリパドリル (連続せん孔切断) (写真6)

削岩機を用いて垂直にある一定の深さに一定の間隔に掘った穴を更に削岩機で連結させて溝を切り出す方法で、現在、スロットドリルと呼ばれる機械が使用されています。この機械は油圧式の4本の足で水平にセットし、これに直交して横に6mスライドするマストに削岩機がとりつけられています。まず65mmの穴が50mm間隔で掘られます。ついで75mmの穴でこれらの穴を連結させていきます。ロッドの所には集塵機がとりつけられ粉塵がでないよう工夫されています。1時間に1.5m<sup>2</sup>の削溝

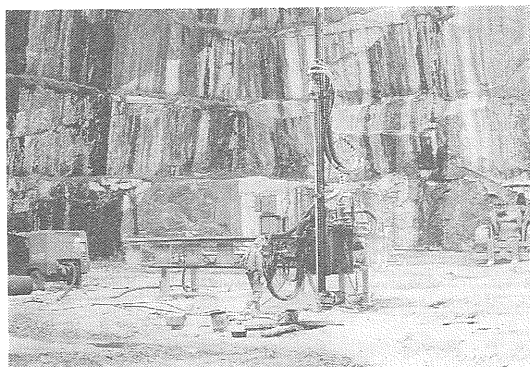


写真6 スロットドリル作業風景

能力があります。機械が大きいので比較的平坦な岩盤でない并使用しづらい欠点があります。

以上のような方法で、キズなども利用して200~300m<sup>2</sup>程度のブロックをコの字形に岩盤より切り出します。

iii) すくい作業と大割り作業 (写真7)

以上の方法で2ないし3面が切り離されたブロックの底はまだ岩盤より切り離されていません。これを切り離すための作業を「すくい作業」と言い、先ずブロックの底面に、水平かつ等間隔に削岩機で穴が掘られます。削孔が終了したら、各孔に体積に応じた黒色鉱山火薬が装薬され、瞬発雷管によって発破され切り離されます。火薬量は石質によっても変わりますが、稲田石ではm<sup>2</sup>当たり30~40gです。さてこの切り離されたブロックは、さらに「石の目」を利用してせり矢(くさび)や黒色火薬を用いて、いくつかの小ブロックに分割されます。次にこの小ブロックをブルドーザーやバックホーなどの重機類によって引き倒します。倒されたブロックは、使用目的や注文に応じて寸法取りされ、ルートハンマーとよばれる小さな削岩機とせり矢を用いて石工により小割りされます(ここまで大割り作業と言います)小割りされた原石は更に細かく割られて、製品となったり工場に運ばれて様々な加工が加えられて使用されます。



写真7 ツインライナーによる水平掘(すくい)

以上のべてまいりました方法が石材採掘の1行程であり、これらの繰り返しが基本になっています。ここで多少火薬のことについてふれておきますと、石材の山では、黒色鉱山火薬の消費が主になっています。それは、石をいためにくいマイルドな火薬を使用したいということからであります。ダイナマイトなどの爆薬類は岩盤の不良な部分の除去といった補助的な役割に使われていま

す。

### 現在かかえている問題点について

1. 粉塵 騒音の問題——ジェットパーナーや削岩機による大量の粉塵や騒音が発生し公害や職業病などの原因となっている。現在多くの対策が取られている。防塵マスクの改良、水を使った削岩機、集塵機、等の設置など次第に改良されているが、まだ普及はおもうほど進んでいない。

2. 高齢化の問題——いわゆる現業作業であるため若い後継者が集まってこない。

3. 採石場の規模の問題——小さな採石場がおおく、狭い良質の部分のみを採掘していくため高い残壁を形成して危険な状態になったり残壁の勾配をとると下での採掘場が無くなってしまったりする場合がある。

4. 残土石の問題——採石する際石の不良な部分があります。通常、製品になるのは20～40%で残りは残土石として処分しなければなりません。

5. 外国産のものとの競合——現在(1990年)年間に120万tもの花崗岩が原石だけで輸入されています。値段の面でも、国産の半額以下のものもあり押しやがみになっています。対策として石質の良いものは高級品として高い値段を設定したり付加価値をつけたりしているところもあります。

### 花崗岩石材の利用

石材としての花崗岩の利用は、大別して割った状態のもの(荒石といいます)切断加工してつかうものに分けられます。現在では、後者の方が利用の大部分となっています。荒石で使うものは主に土木工事用や造園用で、間知石や規格に割られた石を積んで、護岸や公園などの石垣を作ります。特殊な使い方としては、塩害に強いということで海岸の堰堤に使われることもあります。また、採石に際してでる石材とならない岩石を波の侵食に強いということで、堤防用の沈石として利用されることもあります。

切断加工されるものは、ガンソーとよばれる機械で20～30mmの薄い板に挽かれ、本磨(研磨)やパーナー(火であぶって表面を荒らす)などの表面加工を施したのち、決められた寸法に裁断され、ビルディングの外装や内装材として、あるいは床材として、利用されます。

ビルの外壁に張り付けるのに3つの方法があります。

第一は湿式工法といわれるもので、く体コンクリートと張り石とを埋め込みアンカー、下地鉄筋、引金物などをもって固定し、く体と張り石との間に裏詰めモルタルを充填して固定する方法、第二は乾式工法で、く体と張り石との間に空間をもうけ、かつ張り石の各個体をファスナーや太柄(だぼ)などの金物で間接的に、く体に固定させる工法です。この工法では、風圧や地震時の応力や変位に対応することができます。

また最近ではビルの高層化が進み多量の張り石が必要となり、また耐震性の向上からGPC(グラニットプレキャストコンクリート)工法と呼ばれる方法がとられるようになりました。これは、あらかじめ工場で或る一定の大きさに決められた枠に張り石を埋め込んだコンクリートパネル(カーテンウォール)を製造し、これをビルの鉄骨にボルトとゴムパッキンで取り付ける工法で、第三の工法に成ります。

現在、再開発計画などにより、花崗岩は耐久性や耐酸性美しさの点で建築素材として、大量に消費されるようになってきています。またその耐摩耗性や硬さから人通りの多い階段や床材としても多くの需要があります。

次に多く使われているのは、記念物用、主に墓石用の材料としてであります。こちらはダイヤモンドチップを利用した円盤で、20～30cmの板に切断され加工されます。稲田、真壁地区など日本の多くの採掘場は、このための石材の採掘を目的としています。この他にも、記念碑、彫刻の材料、役物(灯籠などの細工もの)などの用途があります。変わったところでは、定盤に使われています。定盤とは、コンマ以下の精度で作られた平らな面をもつテーブルのことで、主に精密加工の工業用に使われ、海外に輸出されています。これ以外にも、まだまだ思わぬところで使用されています。

以上、様々な利用法についてふれてきましたが、現在、国産の花崗岩の使われる比率は年々下がっております。建築用の材料についてはそのほとんどが外国のものであります。値段の点は別としても、海外の花崗岩は色がカラフルであり日本のそれは色のついたものが殆ど産出しないということがあり、加えて大量に大きなサイズが採れる採掘場が少ないといった問題もあります。今後、国産の石材の採掘がどう変わっていくのか、現在1つの分岐点に立っているものと思われま。

---

KONO Masahide (1991): Quarrying method of commercial granites.

---

<受付: 1991年3月28日>