

# 変貌する石材と廃材

## —自然の素顔を見せる貴重な資源—

服部 仁<sup>1)</sup>

### はじめに

Research makes difference の文言は、世界トップブランドの家電メーカーが自社製品の差別化をさりげなくマスメディアに流した殺し文句である。日本の文化の difference は、温暖・湿潤の風土のなかに育まれた木、竹、紙、土に根ざしているといえよう。農耕民族の住んだ日本列島では、衣食住の環境は土地の条件、とくに土壌の利用とその改良によって変ってきている。では、石はどんな役割を担ってきたのだろうか。

古くは、墓石、灯籠、石垣、城壁、門柱、鳥居、家の土台・敷石など限られた用途しか思い浮かばない。石材の加工技術が、瀬戸内海を中心に発達し、水運に恵まれて封建時代から次第に日本各地に広まってきたものの、本格的な石材の利用は、明治維新以後の西歐式建造物の建築とその建築技術の導入に待たねばならなかった。昭和50年代に入って、日本経済が好転し、円高と貿易の黒字基調が定着するにつれて、輸入品の質・量ともに様変わりしてきている。

私たちを取り巻く生活環境のなかで、目に見えて大きく変わってきたのが石材の利用であろう。建物、公園、街路、墓地などの色彩と模様は、新しい景観美を創造しているが、その要因の一つに石材の役割を認めないわけにはゆくまい。なかでも、素材のなかに占める輸入石材の割合は、年々増加の一途をたどっている。また、加工技術にも、ハイテク技術を駆使した新手法が開発されつつある。

本文では、こうした最近の居住空間における景観美を支える石材利用と加工の現状も紹介するとともに、最終的に【あえなく捨てられる運命】の廃材、difference に目を向け、そのなかに珠玉の地質学的<research>試料の豊富なこと、そして、その保存・有効利用について皆さんとともに考えたい。また、Birds of a feather flock together のように一色の均質文化ではなく、異質のものを受けとめ尊重するような包容力に満ちた価値観が育つよう、新しい視点を訴えたい。

本文は、東京地学協会の地学クラブ（1991年11月20日）における講演『新建材としての岩石』の内容を骨子とし、その折りの参加者の諸先輩から頂いたご意見を加味しながらまとめたものである。

### 1. 石材の種類

日頃、手軽に拾える物といえば、石ころや砂、土であろう。自然環境から簡単に入手できない物こそありがたく高価と感ずるわけで、金やダイヤモンドなどの宝石はその最たる物なのだ。しかし、宝石・貴金属は、自然の産状がほとんど一般に知られていない上に、百万倍(ppmの逆)から十億倍(ppbの逆)にも濃縮され加工されて、初めて希少価値をもつわけで、自然から授かった贈り物ということをほとんど感じさせない。その点、石材は、手頃に入手可能とはいえないまでも、自然の素顔をそのままを見せてくれる、他に例を見ない資源である。

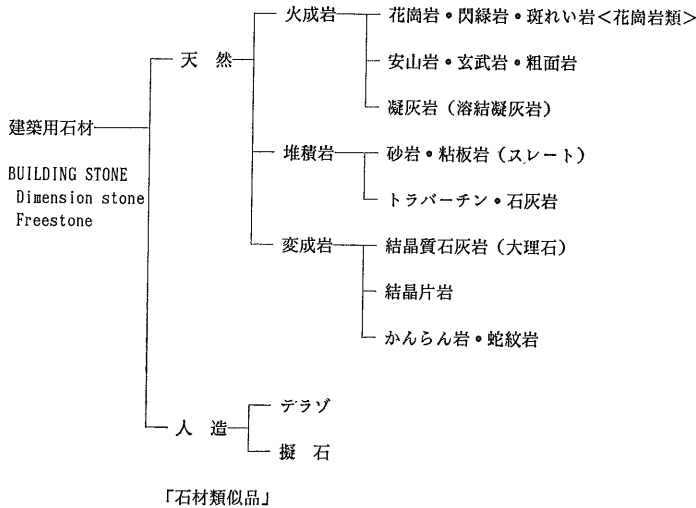
資源といえばふつう地下資源のことを指すが、金属鉱物・非金属鉱物・非鉄金属・貴金属(noble metal)・卑金属(base metal)・窯業原料(土器、石器、陶磁器、耐火物、セメント、ガラスなどの製造用)・岩石・砕石・骨材・砂・玉石と区分されている。これらの名前は、法律(鉱業法、採石法、砂利採取法)で使われている内容とは、必ずしも一致していない。

輸入石材を除くと、日本国内で岩石を採取加工して提供される石材は、採石法の対象となっている。採石法は、新しい法律で、昭和25年(1950)に制定されており、対象となる岩石は、花崗岩・閃緑岩・斑れい岩・かんらん岩・斑岩・ひん岩・輝緑岩・粗面岩・安山岩・玄武岩・礫岩・砂岩・頁岩・粘板岩・凝灰岩・片麻岩・蛇紋岩・結晶片岩・ベントナイト・酸性白土・珪藻土・陶石・雲母および蛭石である(第1表)。

石材は土木建築用が最も多いので、建材と呼ぶのがいいのかも知れない。しかし、用途の多様化が急激に進んでいるので、ここでは細分しないで、そのまま石材を使うことにする。岩石を素材とする類似の資源として、骨

(1) 地質調査所 地質部

第1表 おもな石材の区分



材や碎石がある。これらは石材と異なり、細かく砕かれるため、元の岩相・鉱物組成などわからなくなってしまい、製品には岩石のもつ自然の表情は残っていない。

英語では、建築用石材 (Building stone) は Dimension stone と Freestone とに区別している①。Dimension stone は、採石場＝石切場 (Quarry) において、仕様にに基づき切り出される直方体、柱状、板状の岩塊 (Regular blocks) であり、Freestone はそうでなく面方向などの定まっていない建材を指している。Dimension stone は花崗岩・大理石・凝灰岩の大谷石、Freestone は安山岩 (鉄平石)・三波石 (緑色片岩など) に相当しよう。

## 2. 国産の主な石材

代表的な石材は、なんといってもみかげ石 (御影石) で、その名は花崗岩から斑れい岩を含めた花崗岩類を指す俗称である。そのほか、鉄平石や大谷石、三波石・大理石・スレートなどの堆積岩・変成岩も生活空間に占める割合は低くない。

採石法が制定された頃、地質調査所は所員のみならず全国の地質学者の協力を得て、資源に関するデータベースを構築し、その成果を日本鉱産誌 (全13巻) にまとめ出版している。日本全国の石材については、昭和30年 (1955) までの状況が『VII 土木建築材料』②に網羅されている。

現在、石材の採掘量は決して小さくはないが、採石場は限られてきており、放棄された採石場跡は至る所で見られる。気象条件など採掘の経済性を考えなければ、花

1991年7月号

崗岩類は日本国土の表面積の約12%に広がっているの、対象地域は少なくないはずである。しかし、輸入石材の質・量・価格に圧倒されているばかりでなく、廃材処理にまつわる静脈産業の環境・経費などにしぼられて、日本国内では掘りにくくなってきているのが実情である (第1図)。

その反面、採掘されたまま素材の形で提供される原石を購入し、その原石を加工して付加価値を高めたり、特殊な用途のための製品をつくる石材加工工場は、数えきれないくらい多い。

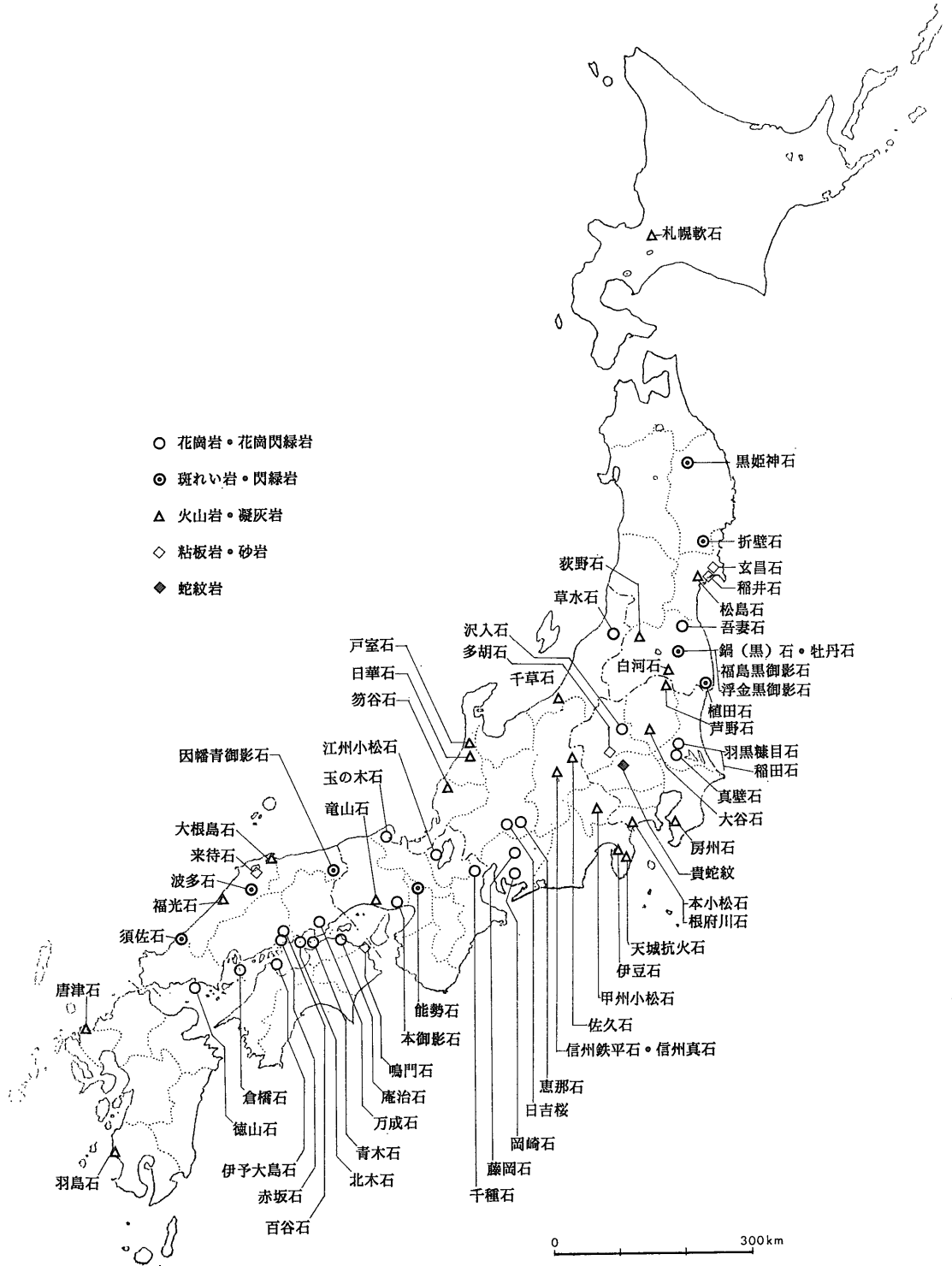
## 3. 輸入石材

日本国内の石材需要は、好調な景気に刺激され爆発的ともいえる多様性を呈している。大都市に限らず、地域活性化によってビルや公園などの建設ラッシュが続ぎ、しかも、色彩・デザイン豊かに街の景観が一変してきている。また、高級品質・希少品を求める今日的指向にもうまく合致し、色とりどり質・量感あふれる輸入石材は、大きな位置を占めてきている④。

昭和63年 (1988) 当時、石材は30か国以上から輸入され、国内需要の約50%をまかなっている。原石の価格は、輸送経費に大きな比重を占られていることは自明のことであろう。だから、遙か南米や北欧・カナダ・アフリカから多額の輸送経費をかけて輸入されることに違和感を抱かないわけではない。それでも輸入石材の方が価格の面でも、また日本国内には産しない特殊な色彩をもった素材の原石が入手できるなどの利点があるのは事実である。今後も、世界各地において原石や加工石材を求めて、市場は広がってゆくことであろう。

現在、輸入石材は巨大な原石ブロックの占める割合はまだ高いが、将来加工品あるいは完成品、例えば、灯籠、硯石、タイルなどに見られるように、特殊仕様の製品を海外発注する傾向は高まっていく。最近話題になった東京都の新庁舎は、美しい石材で外壁・内壁・床を飾っているが、完成品の輸入石材を貼っているという。したがって、原石の占める割合は、今後次第に低減していくであろう。

ところで、輸入状況の把握は、原石か完成品かの違いのほか、輸入量で表すか、輸入額で表すか、によっても印象が変わってくる。代表的な石材の大理石と花崗岩は、昭和63年 (1988) において第2図に示すとおり、それぞれおもに10か国足らずの外国から輸入されている。



第1図 国産のおもな石材産地および石材の名称〔③, 日本石材工業新聞から改編〕

大理石

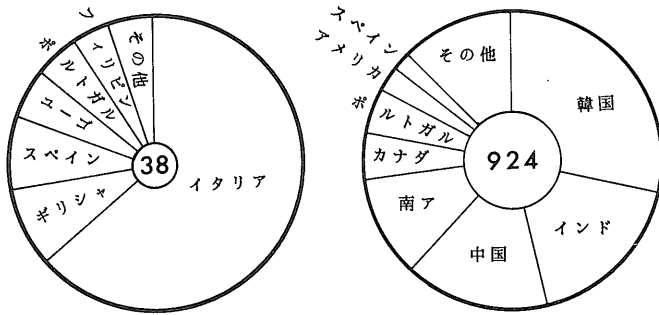
花崗岩

である。

難しい石の目は、rift and grain (第3図)と記述されているが、日本語訳はできていない。節理は、マグマが冷却する過程で収縮してできる柱状節理などや、圧縮など構造運動によってできる転位を示すものなどのほか、シーティング (sheeting) という地表面にほぼ平行か、緩傾斜 (水平に近い) の節理がある (口絵写真1 (上右))。

節理に関して、日本で学問的に関心をもたれることが少なく、シーティングの用語もほとんど使われていない。

シーティングは、剝離あるいは剝落 (Exfoliation) とも呼ばれており、花崗岩分布域には良く知られた節理で、日本で観察できる所は非常に少ない。シーティングの特徴は、地表近くでは薄くはがれ、その間隔は密であるが、深くなるにつれて粗くなることである。地表面下50mの深さでは、シーティングも他の節理系も不鮮明になるという⑦。したがって、石工が石の目を探すのに非常に苦勞しながらも、結局わからないこともあるそうである。自然の創り出した石の目に逆らわないように、人工的に切れ目を入れるこ



第2図 1988年度における大理石および花崗岩の輸入量実績  
〔③, 単位: 1,000 t〕

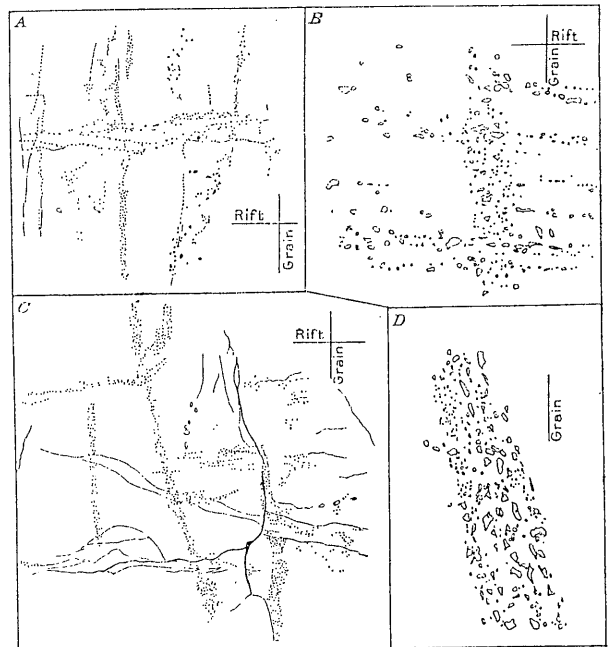
#### 4. 採掘

石材の採掘は、ほかの資源の場合と全く採掘方法が異なっている。その理由は、大きな寸法の原石を、しかもごくわずかなひび・割れ目などのきずさえも作らないように取り出さなければならないからである。したがって、ダイナマイトなどの爆発力の大きな火薬などを使用することは、ほとんどないといってよいであろう(第2表)。

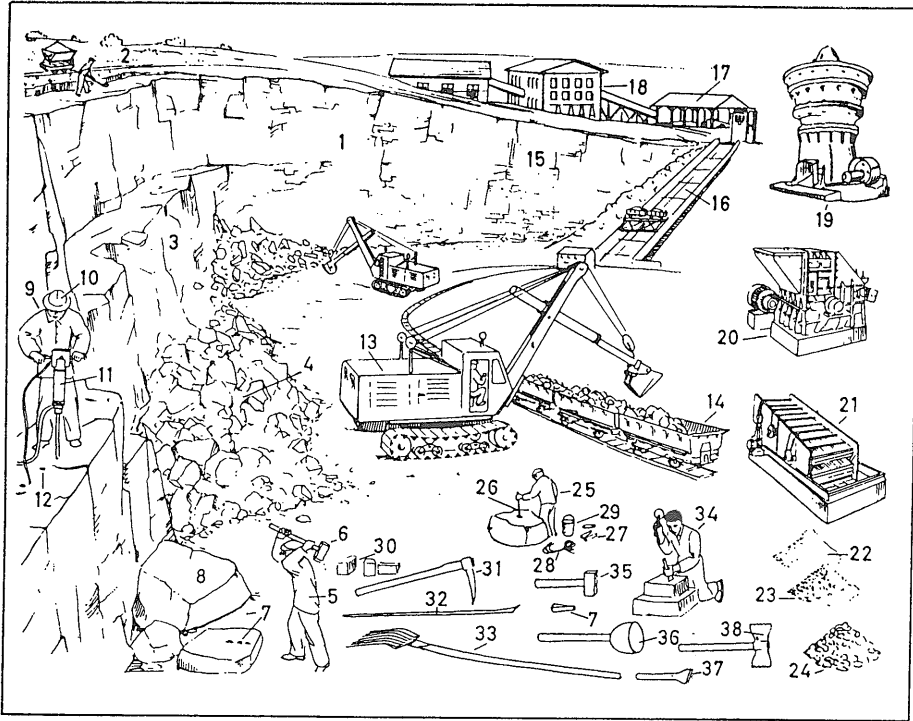
石材は、切り出す前に十分に石の目を確認しないと、折角作業しても思いもかけない方向などに割れてしまい、設定通りの原石が得られないばかりか、廃材になってしまう。俗に、石の目といわれるものは、熟練した石工 (stonemason) がやっと見分けることのできるくらい難しいものから、誰が見てもわかるはっきりした割れ目の節理まで、さまざま

第2表 石材と骨材の採取方法の違い⑥

	切り石採取	骨材採取
目的	方形採取 (大きく) 直線的に割り、亀裂は絶対に不可	破碎 (小さく) 四方に亀裂を与えて、曲線的に破碎
使用火薬	黒色鉱山火薬 (爆速300~500m/s)	爆薬 (爆速3,000~7,000m/s)
せん孔	一直線に平行、くり孔の曲りは不可	多少正確さを欠いても可
装薬	過装薬は原石に亀裂を与えるので不可	若干の過装薬は可
岩質と状況	割れやすい石、割れにくい石とか、性質、状況を重視	あまり気にしない
経験	せん孔、装薬量の算定などかなりの経験が必要。	ある程度の経験で可



第3図 熟練した石工でも見分けるのが難しい石の目。比較的分かりやすいのが rift で、これに直交するのが grain。液体包有物の並ぶ面でもある。顕微鏡下の観察スケッチ例⑥  
横の長さ=(A : 0.7mm, C : 0.25mm, C : 2.3mm, D < Cの一部 > : 0.18mm)



第4図 採石場の概要④

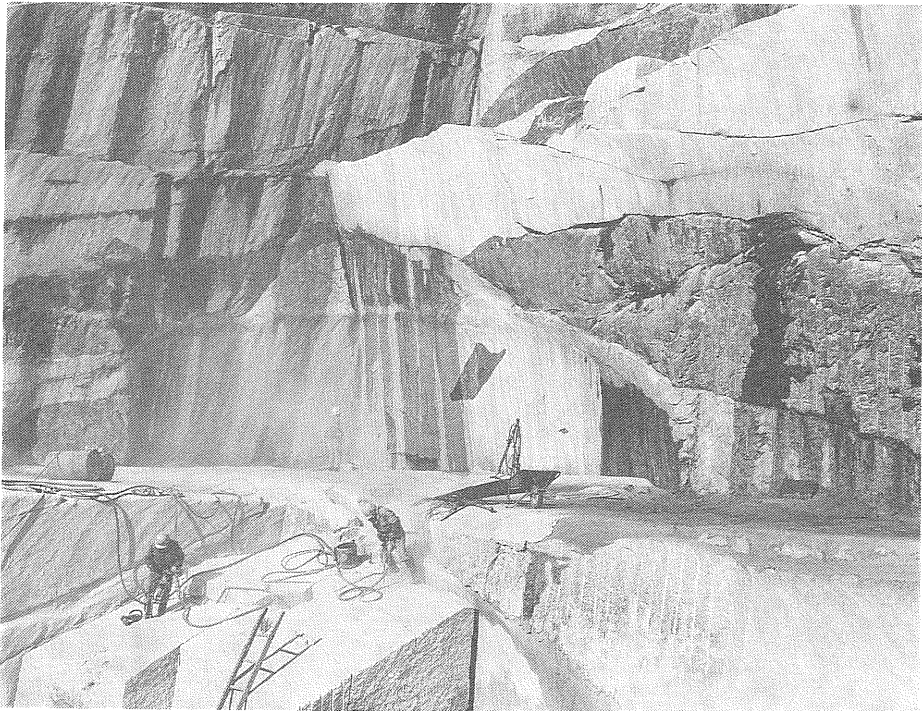


写真1 採石場の雰囲気〔笠間市稲田，(株)タカタ岩倉採石場，1985年2月正井義郎氏撮影〕

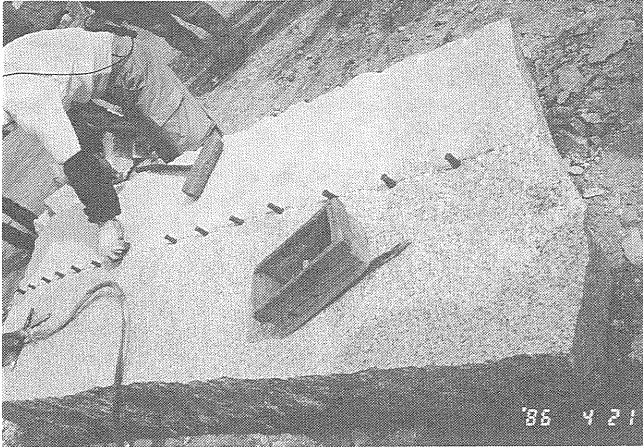


写真2 石の目に沿って、たくさんのくさびを打込んで小割りする様子  
〔榊タカタ稲田加工工場 ※筆者撮影〕

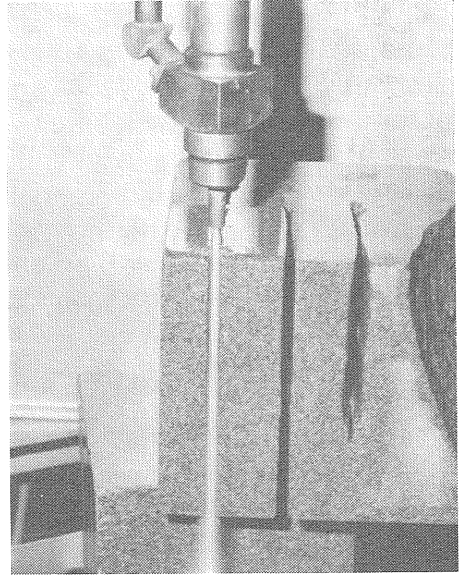


写真3 ヴォータージェットによる穿孔・切断<6>

とが極めて大切な作業である(第4図)。

#### <採掘法>

採石場では(口絵写真1(上左):写真1)まず、表土はぎが行われる。強固な岩盤が現れたら、縦の切れ目を作ることから始まる。ふつう、大割りの石材(10m×6m×4.5m)として切り出される。縦の切れ目は、ジェットバーナー(Jet burner)あるいはバードリル(Bar drill)を使用。次に、約2m×2m×3m(重さ約30t)などに細分割(小割り)する。

ジェットバーナーの作動方法は、灯油と圧搾空気(点火時に酸素を使用)とにより、1,200~1,400℃の高温ガスを噴射する。そして、削孔原理は、造岩鉱物の熱膨張の差を利用し、岩石中に無数の微細な割れ目を生じさせ、そこへ圧搾空気を送り込み、岩石を粉体化して吹き飛ばすもの。このジェットバーナーは戦前考案され、昭和30年(1955)頃アメリカで実用化された。ノズルの形状が決め手(特許)といわれる。ただ、作動中はジェット機のエンジンがフル噴射している時以上の騒音を発生するため、防音マスクなしではとても近くには立っておれない。

掘削する壁面は3面であり、ジェットバーナーにより幅15~20cmの溝を切っていく。切り出す石材は、(10+6)m×4.5m=99㎡の壁面の面積を持つので、普通、掘進速度1㎡/時の条件では、9~12日を要する。底面の掘進は、横向きであるためジェットバーナーを使用することができない。削岩機により、長さ数mのバードリルではほぼ水平方向の穿孔を行う。各孔の間隔は15~20cmである。穿孔が終ると、少量の火薬を散らして爆破し、底部に割れ目を作る。

大割りの石材を切り出すのに、シーティングなどの自然の節理系や石工の判断した石の目がたくみに活用される。大割りの石材からは、ちょうど羊かんを切るような

形で細分割が行われる。この時の方法は、削岩機を使って多数のみ穴を開けた後、くさび(Wedge)を打ち込むなど高度の熟練作業によって割る従来工法である(写真2)。

かつて石材の大割り採掘に、高速水流(ウォータージェット)工法が試みられたが、今は全く行われていない。一方、屋内における小規模な石材やコンクリートの切断加工の使用例は増えてきている(写真3)。

## 5. 加工

採石場から加工工場に運ばれる原石は、たいてい30t以下の大きさのもので、輸入原石もこの程度のものが最大である。加工工程は、石材のもつ潜在的な魅力を多様な容姿に変身させる最も大切な作業である。もちろん、石材の表面を研磨しないで、割ったときの地肌のままの製品で、なかには、多少風化した赤茶のさび色を帯びたものさえ好まれることがある。

近代工業が発達するまでは、石の製品というと、伝統的な墓石や灯籠に代表されるように、ほとんど手作業によって作られていた。のみと玄能であらかた形を整えた上で、石材の表面を研磨する。水をうち、研磨材をまきつつ、人手によって石と石をこすり合せてすり減らし、光沢面をだしていた訳で、恐るべき人力作業であった。横道にそれるが、学生時代の岩石薄片作成は忘れられない思い出で、よくやったなあ—という印象が強く残っている。採集した岩石を早く偏光顕微鏡で覗いてみたい一心で、作ったものである。昭和20年代終り頃のこと

当時、ダイヤモンドカッターが普及しておらず、また学生には開放されていなかったため、握り拳大の岩石を数cm大にたたき割って、その岩石チップから順次すり減らしていくのである。鉄製の研磨板の上でカーボランダムを挟んでごしごしとこすりながら削ってゆき、片面を鏡面に仕上げる。次にカナダパルサムを焼いてのりにし、磨いた面をスライドガラスに貼りつけ、こんどは対面をすり減らし、100分の3mmの厚さの薄片に作るのである。一日頑張っても五枚手掛けでも二枚うまくできたら、上出来であった。まさに心身をすり減らす、いまでいう典型的な3Kの仕事。しかも、頭ががんがんと響く重労働であった。

現在の石材加工では、大量同時処理の技術が取り入れられて大部分の工程は機械化され、騒音や粉塵対策も進み、明るい清潔な工場の雰囲気につつまれており、また同時に人手を掛けないよう工夫されている。そして、従来の工法によらないため、熟練した石工を必要とする工程は少なくなっている。

しかし、石の目を見極めたり、自然の地肌を出す仕事は機械化されにくく、どうしても人手にやらなければならない余地は依然として残っている。困ったことに、人手は機械化作業に比べて現在最も経費がかかり、その上石材の本質を十分に理解し、しかも熟練した技術がなければ、こうした手仕事はこなせないのである。自然の素顔そのままを見せる、割り肌とか、のづら仕上げとか呼ばれる製品がそうであるが、現在では、規格品に比べ高価で贅沢なものになっている。ちなみに、最高裁判所外壁は、稲田花崗岩を割り肌仕上げにして積み上げている。

一つの素材である石材は、全く同じ性質のものでも、表面の仕上げ方の違いによって、これがもともと同じであったとは想像もつかないくらいに、容貌が変わってしまう。まさに、finishはmake upによって決る、の感じである(口絵写真4)。

ここでは、鏡面仕上に近い研磨工程を終えた製品加工の段階を一次加工、最近増えてきている特殊加工の段階を二次加工として区別して紹介する。

**一次加工 (表面仕上げまで)**

**切断:** 大口径ダイヤモンド切断機 (直径2.5mの刃)、ワイヤーソー (長さ300m)、ガンソー等による (写真4, 5)。

**研磨:** ビジャン、ソフトビジャン (径3mm位の鉄球を吹きつけるショット仕上げ)、パーナー (写真6)

**研磨材:** 荒磨き 40番カーボランダム

水磨き 200~400番カーボランダム

本磨き 1,200番+フェルト (写真7, 8)

<製品の品質名称>

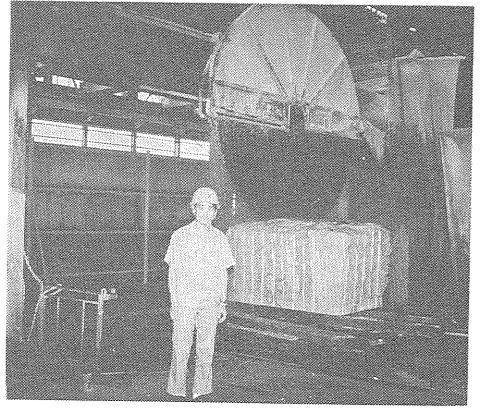


写真4 大口径ダイヤモンド切断機 (直径2.5mの刃)  
〔立っている人は、関ヶ原石材株式会社中村篤司氏; 1990年6月※〕

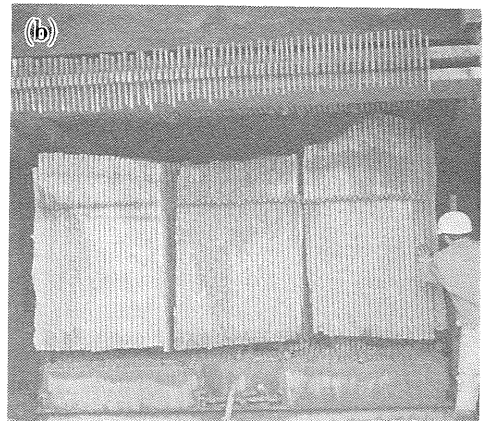
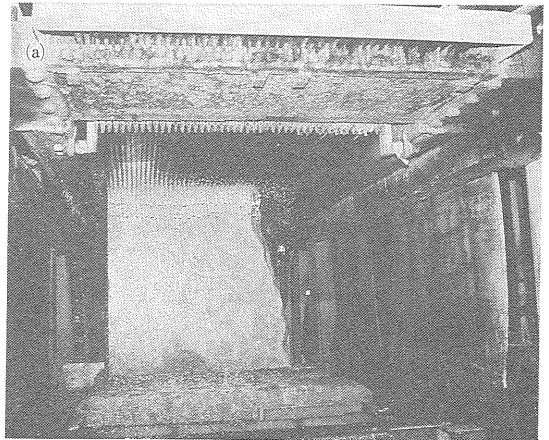


写真5 原石からたくさんの薄板 (slab) を挽くガンソー (gang saw)。研磨材・乳液を流しながら約1週間かけて鉄製の帯鋸を引く。  
(a) 切断中〔榑タカタ本社友部工場※〕  
(b) 切断済<19>



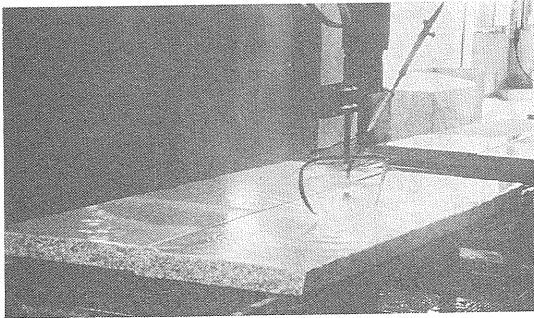
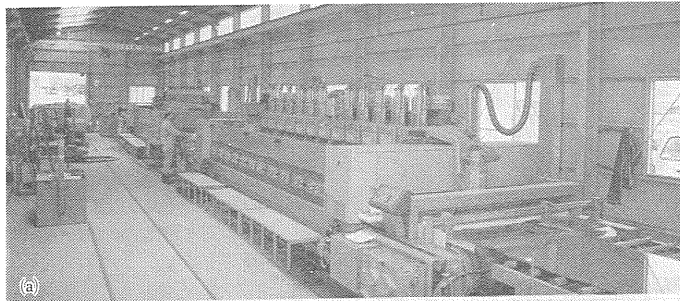


写真6 パーナーによる表面仕上げ〔榊タカタ本社友部工場※〕



(a)



(b)

写真7 大型の自動化研磨機<19> (a) 岩板自動送り (b) 岩板固定式

特級, 1級, 2級 (ただし, 自社独自のランク)  
 建築物用は, 普通, 1及び2級品。  
 四国庵治石では, おもに超特級, 極上。

<寸法>

用途・仕様・仕上げ状況等により多様。

(例) 角石: 一切 (いっさい, 30cm立方) などが  
 基準単位

二次加工 (特殊仕様)

— 色目・模様を組み合わせなど複合製品—  
 ハイテク技術 [NC機械, ロボット, 研磨剤, 接着剤]  
 により, 次のような加工を行う。

- ◎超薄切り [大理石: 7mm, 花崗岩: 10mm]
- ◎裏うち [布地など] (写真9)
- ◎貼り合わせ [コンクリート・テラゾの台座に載せる]
- ◎彫刻・篆刻 [字を彫ったり, 削り込んで幾何学模様を創る] (口絵写真6; 写真10)
- ◎象眼 [幾何学模様彫られた凹地のなかに別種の石材を埋め込んで創った複合材] (口絵写真5(上)(下))

加工の難易

最終製品の品質は, ハイテク技術による加工を含めた諸工程における技術内容や関わる人達 (写真11) の熟練の程度によって, 評価が左右されることは当然である。しかし, 素材の原石の物理的性質が決め手になっていることは, 意外と知られていない。すなわち, 加工の難易は, 岩石の変形・変質・風化の程度によって, 影響されてお

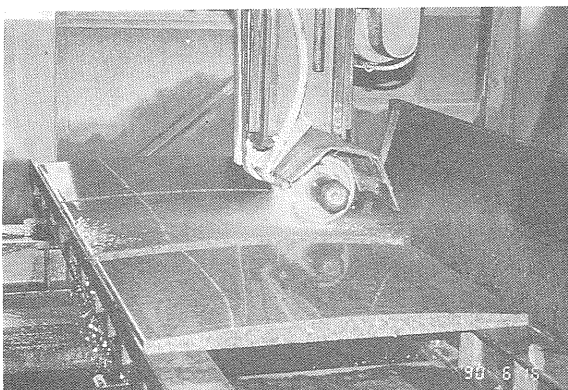


写真8 曲面の研磨仕上げも自動化機械で〔関ヶ原石材株式会社※〕

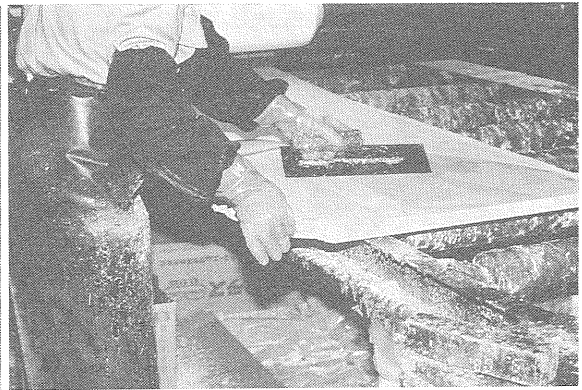


写真9 布地などを裏うち補強する糊付け作業〔関ヶ原石材株式会社※〕





写真10 本磨き仕上げ後の表面にサンドブラスト法で写真画像を模写複製する<21>

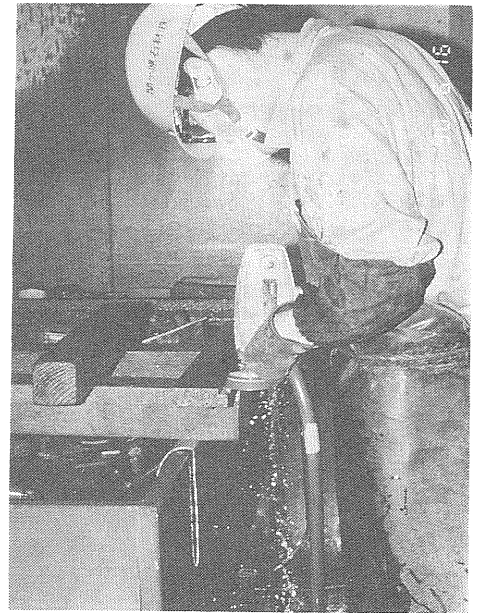


写真11 製品検査と特殊加工は熟練工による手作業  
〔関ヶ原石材株式会社※〕

第3表 石材の諸検査項目の比較<16>

製品名	産地	比重	吸水率 (%)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	硬度	岩石名
稲田みかげ	茨城県笠間市	2.63	0.22	1709	152	104	黒雲母花崗岩
北木石	岡山県北木島	2.62	0.32	1500	52	98	黒雲母花崗岩
万成みかげ	岡山市万成	2.62	0.33	1687	00	90	黒雲母花崗岩(淡紅色)
議院石	広島県倉橋島	2.63	0.21	1320	151	108	黒雲母花崗岩(薄桃色)
恵那さび石	岐阜県蛭川村	2.60	0.45	1589	65	100	黒雲母花崗岩(風化)
モンテーク	ポルトガル	2.61	0.62	1529	96	100	霞石閃長岩
ベルファスト	南アフリカ	2.86	0.21	2848	201	104	輝石斑れい岩

り、製品についての第3表のような検査項目の数字に敏感に示されている。

また、一方、岩石薄片を観察すると、しばしば変形や変質の状況を知ることができる。そして、その観察結果は、上記の検査項目に示される数字の傾向によく合っている。変形は、割れ目(Crack, rift and grain や歪)としてそのわずかな隙間を赤鉄鉱や褐鉄鉱が埋めていたり、石英がサブグレイン化や縫合線状のジグソウパズル模様が観察される。また、変質は、黒雲母→緑泥石や斜長石→粘土鉱物などの二次鉱物が晶出することから理解される。さらに、風化(地表における太陽熱や風雨・雪霜による変化)では、膨張と加水が大きな要因であろう。

輸入石材は、多少の違いはあってもほとんどが変形を受けていたり変質しており、加工業の方の話では、稲田花崗岩に比べると、ダイヤモンドの刃の減り方が遅くて長持ちをし、早く研磨できはるかに加工し易い、ということである。別の表現では、鏡面仕上げの本磨き後の製品を並べて表面に水滴を垂らしたとき、稲田花崗岩の場合、くっきりと水玉になって盛り上がるのに、他の場合

は水滴がやがて平たく延びる、という。おそらく、この現象は鉱物粒間に生じた隙間に沿って水がしみ込んでいくからであろう。

## 6. 用途

石材は、使用量では花崗岩、質と価格では大理石とに分けるのは今も昔も変わらないであろう。花崗岩は、いわゆる黒みかげを入れても建物の外壁や周辺用(外装材)に、大理石が室内装飾用(内装材)に好まれていた。しかし、最近では、大理石が外装材になっていたり、また逆

に、色とりどりの花崗岩が木製や陶磁器のタイルみたいに内装材に使われてきている。大理石は風雨や外気にさらされて、表面が劣化してよごれが目立ってきている例は少なくないのだが、建物そのものの寿命が短かくなったり、ファッションの先端を追うかのごとく盛んに模様変えが行われたりするので、気にすることではないのかも知れない。

墓石に真黒な斑れい岩や鮮やかな赤色の花崗岩が使われてきているのも、ファッションとともに日本の経済状況を端的に誇示する一つのシンボルともいえよう。墓石のカラフル化に伴って墓地がメモリアルパークと呼ばれるなど、墓参に訪れる人達がハイキング気分になれるらしく、墓地のもつ従来の暗いイメージが払拭されるようで、御先祖様ともども喜ぶべきことかも知れない。

とにかく、これまでの使用傾向からは想像もつかないようなアイデアが生れ(写真17)、多彩で、異種材料を組み合わせた複合的建材が出現していることはまぎれもない事実である。こうした複合的建材は、石材ばかりでなく、陶磁器製品、ニューセラミックス材料、プラスチックなどを取り入れており、接着剤を含めた新素材の活用によって可能になっている。

また、切断・研磨・貼りつけなど、実際の工事現場において作業に必要不可欠な道具や薬品が開発され、石工でなくても、素人に近い人でも手軽に施工できるようになっている点も見逃せない。

小さい石製品から、巨大な構築物まで、ザーッと石材および石の用途を第4表にまとめてみた。

第4表 多様な石材の用途

小 物	文具 置物 道具 家具	硯、文鎮 花瓶などのクラフト 碇石など、砥石 机、椅子
建 物	内外装 内装 外装	壁、敷石、階段、縁石 床面、柱、浴室、暖炉飾り、トイレ、天井、 石垣、門扉囲障、積み石、張り石、屋根瓦(粘板岩)
宗教建築		神社・仏閣・教会・寺院・鳥居・狛犬・墓地・灯籠
外 構	橋 道路 公園	らんかん、親柱、敷石、護岸 砂利、玉利、遊歩道、舗石 庭園、庭石、ベンチ、噴水、瀧、壁泉
モニュメント		記念碑、芸術作品<彫刻>
大規模建造物		ピラミッド、スフィンクス、城

第5表 石材の欠陥および劣化、その対策

石材品質の欠点 (JIS A 5003 石材)	反り、亀裂、むら、くされ、欠け、 へこみ、斑点、穴、しみ
劣化の原因	よごれ(クラック、結露、凍結、振動) 老化(Aging, deterioration, 風化) 動植物(草根・苔などによる腐食、蟻、ダニ、かび) 大気汚染(SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> )
対策	クリーニング(水洗い、洗剤、研ぎ出し、再研磨) コーティング(樹脂、油脂塗布)

きのセメントや糊などの接着剤や止め金、目地の劣化は無視できない。外装壁面の場合は、大気汚染の影響も加わり、タイル状薄板石材のはく離脱落は、時折り報道を賑わしている。

最高裁判所の外壁は、世界で最も白い地肌をもつといわれる稲田花崗岩が使われているが、竣工後16年経ち、汚れや目地の劣化が目立ち、その対策が検討されている、という。一般に、石材の欠陥とか劣化および対策として、第5表のような内容が考えられている。

### 8. 廃材(端才・残才・切り屑・細石粉末)

大理石は石灰岩を源岩とする変成岩なので、普通不均質であり、全く同じ模様や色彩をもつことが少ないので、大きさなどの規格は別にして、最初から均一な製品を期待しない。その代わりに、石材製品に仕上げる段階において、素材そのもののもつ不均質性というか模様をうまく活かすように、最初から図面をひきながら色や模様などの総合合わせが綿密に行われている。そうして、附加価値の高い品質・規格の大理石製品を指向する。したが

## 7. 保守・管理

石は永久不変、と思われがちである。しかし、目に見えないし目立たないだけで、長い時間スケールの経時変化(aging)は着実に起っている。その変化は、岩石のできた時の温度・圧力・化学組成などの物理化学的条件と、いま置かれている条件とが大きく違えば、顕著に現れてくるだろう。最も普通見られる変化は、応力開放によって岩石鉱物のなかに微細なクラック(第3図)ができ、その空隙のなかに溶液が浸透し、化学反応などが起り、新しい含水鉱物(褐鉄鉱、ゼオライト、粘土鉱物など)が晶出して隙間を埋めるようになる場合である。

地表で起れば風化あるいは風化変質と呼ばれ、そのほかは単に変質といわれるであろう。自然環境下の露頭の岩石が風化することはよく知られている。しかし、同じ岩石が標本として採取され、室内に保存されるとほとんど変質しないことも事実である。室内で使用された石材そのものの変質することは少ないものの、設置されると

って、きずなどもうまく利用すれば、希少価値をもった大理石として売り込むことができよう。例えば、スタイロライトのような縫合線に似た特殊な模様は、自然の創造した類まれな曲線形で、めったに見られるものではないからである。

ところが、花崗岩では、大理石に見られるような模様や花崗岩中に含まれる捕獲岩や脈は、すべて、きず・むらとして排除されてしまう（口絵写真2, 3(中央右)(下右); 写真12)。その理由の第一は、花崗岩の場合、一点の混じりも曇りもない、同一品質でしかも30cm角や1m-2m大の規格品が要求されるからである。機械化による大量生産方式は、こうした需要に見合った製品を作るのいうってつけなのである。最終仕上げの完成品(例えば、2m×3m×4cmの薄板)にウッスラとした掃き毛模様や波紋ですら、むらがあるととして廃材として処理されてしまう。

これらのむらは、均質な花崗岩からはうかがうことのできない、岩石形成過程を研究する鍵を与えてくれるば

かりでなく、人間がどんなに工夫をこらして作ろうと思っても、絶対にまねのできない、唯一無比の自然の造形物なのだ。想像を逞しくして、その成因を論じたり、ただ眺めて造形美を楽しむだけでもよいではないか（口絵写真2, 3(中央右)(下右); 写真13; 第5, 6図)。

将来、こうしたきずものなどを新しい石材として認め、利用されることを願わずにはおれない。廃材には、地質学の研究者にとって貴重品であるばかりでなく、もちろん、加工過程においてできる表面の削り傷とか割れたものとか、切れっ端などの、本当の傷物(端材・残材)がたくさんでる。重い素材であるし、運搬やささまざまな加工の段階で割れたりすることは、避けられないのであろう。さらに、削り屑と岩石粉末を含めて、廃棄されることになる岩石のなれのはては、採石場で採掘される量の80-90%に達するほどである(第7図)。

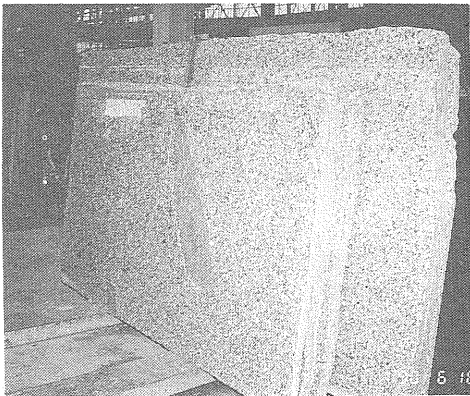


写真12 廃材の運命をたどるか？ 本磨き仕上げ後の完成品、しかし1m×20cmの捕獲岩が見つかった〔関ヶ原石材株式会社※〕

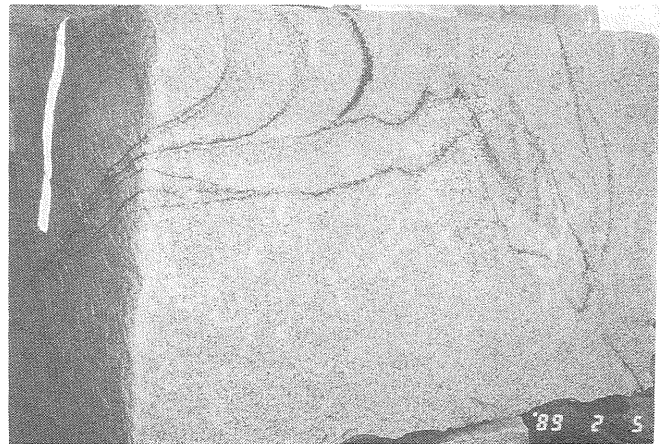
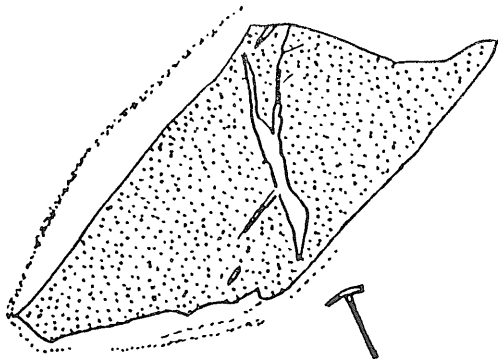
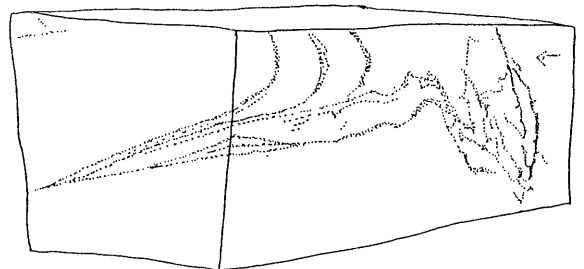


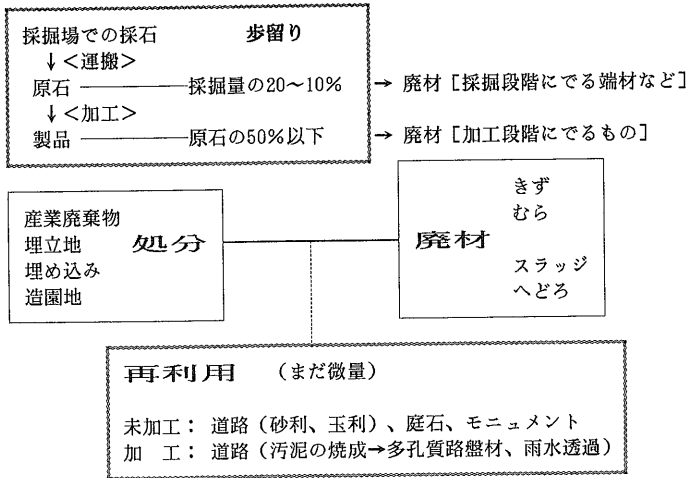
写真13 斜交層理かスランブ構造に見えるシュリーレン〔榎タカタ稲田加工工場で1988年10月※〕第6図参照



第5図 流星形の流理構造のスケッチ。口絵写真2参照⑬



第6図 斜交層理に見えるシュリーレンのスケッチ。写真13参照⑬ 高さ1m, 横1.5m



第7図 花崗岩石材製品の歩留りと廃棄物の行方

### 9. 新しい視点・価値観

オイルショックから直立った日本では、国内経済の躍進、内需の拡大、生活水準の向上に伴い、外貨準備高が増加し、それまでの国内産業の育成振興から離れて、進路は輸入の促進へと転換していった。石材が大量にしかも安値で輸入され始めてから、国内の石材採掘業は大打撃を受け、金属鉱山と同じように、休廃止に追い込まれたところは少なくない。それに代って、原石を採掘しないで、購入原石による石材加工業が盛んになってきている。日本最大というよりも、世界最大の石材会社といってもあながち誇張ではないのが、関ヶ原石材株式会社である。同社は、かつて国内に採石場をもっていたが、いまは専ら購入原石、それもほとんど輸入石材の加工によって世界ナンバーワンの石材会社に成長している。関ヶ原古戦場のすぐ近くにあり、東海道新幹線からその巨大な原石置場や工場の規模がよく見えるので、周知のことと思う。

しかし、原石の加工の場合でも、最終製品の歩留りは50%くらいに達し、廃材の多くでることは避けられない。廃材になってしまい捨てる可能性の高い50%の部分にまで高い海上などの運搬経費を払ったり、また廃棄のための工場施設、環境整備、運搬などの静脈産業の経費を軽減したい、という企業意識が生れるのも当然であろう。そこで、最終製品の仕様を明記して、海外の加工工場で作成品に仕上げてもらい、これを輸入する、という傾向が一層強まるのではないかな。

今後、日本では一層加工技術のハイレベル化が進み、やがて独特の石の文化が育ってくることであろう。例えば、新しい機械・工具と無人化ロボットの開発や、eye-

catching で文化の薫り高い芸術作品が期待されるであろう(口絵写真5(上)(下)、写真17)。

そのためには、まず、大量、均一規格品消費に片寄っている現状を軌道修正する、すなわち、素材の個性を尊重し、異質のもの(少量品種)を普通に受け入れることのできるように、意識改革が必要ではなからうか。

地質学の研究者は、花崗岩の廃材に見られるように、現在廃材と処理されているくず(ぎざ・むら、さび)のなかには、逸品があること、不均質性は自然の模様で、この世の中で唯一無比であること、を理解する。また、学問的には、地質現象を究明する貴重な試料<学術的国有財産⑨=人類の

共有財産>であることを皆さんに広くPRすることができるのではないかな。

また、一方、石材の用途決定するのはおもに建築設計者である。大理石の場合と同じように、自然の素材をたくみに活かした新デザインの企画を立て、それを新材と位置づけて、建築発注者へ積極的に推薦するようバックアップして欲しいと思う。そうならば、特異な模様をもった花崗岩石材が自然の素顔のままに居住空間や建物内外装に出現し、新しい景観と装飾美が創造されるのではないかな、と夢の実現に期待している。第6表に示す施工例は、そうしたアイデアに沿った展示物である(口絵写真3(中央右)(下左)(下右);写真14, 15, 16, 17)。

石の文化が、将来日本の国土に大きく開花するためには、こうした価値観と意識の変化とともに、乗り越えなければならない次のようなつらい課題が待ち受けているのも事実である。

- ◎高層ビル建設に欠かせない軽量、薄化などの建築・土木施工法の開発
- <日本の風土(湿度・天災)に合った>石積み方法<荷重>
- 石張り工法<乾式, 湿式>の改善

第6表 廃材利用の例

つくば市	地質調査所地質標本館の各種展示 筑波センタービルの中庭 並木公務員住宅団地内遊歩道の敷き石 (内外石材の廃材利用)：並木郵便局・交番周辺など
水戸市	市立植物公園の庭石
笠間市	JR水戸線笠間駅前モニュメント
岐阜県	国道50号線沿い稲田西方、空閑 Lions Club 西モニュメント 恵那峡北方、博石館〔岩本石材〕屋外展示品

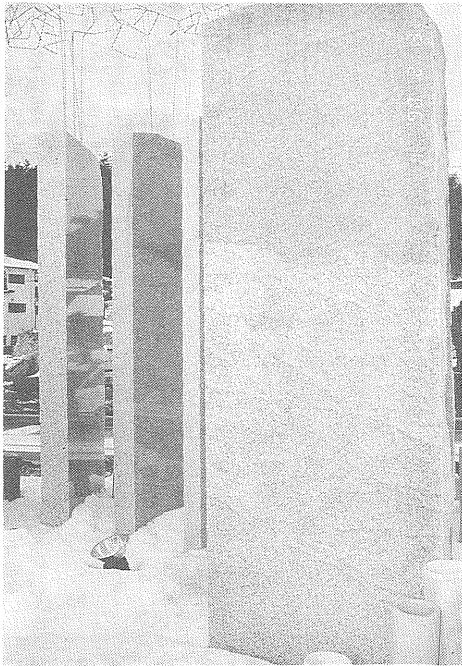


写真14 叢雲か霞のように見える流れ紋様〔笠間市福原, 国道50号線沿い, 笠間 Lions Club 西モニュメント※〕

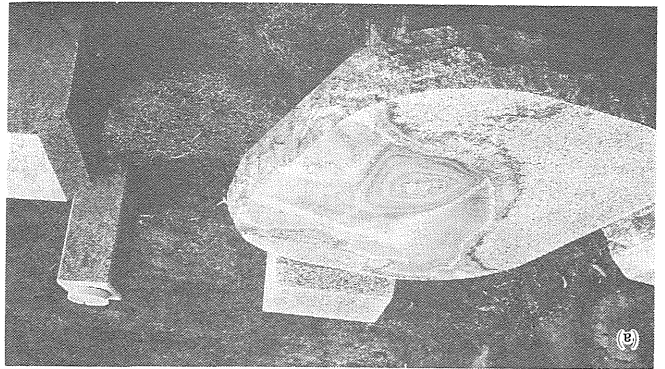


写真15 ベンチに使われた特異な紋様〔博石館の庭※〕—花崗岩のなかの同心円状 (a) および縞状 (b) のジュリーレン

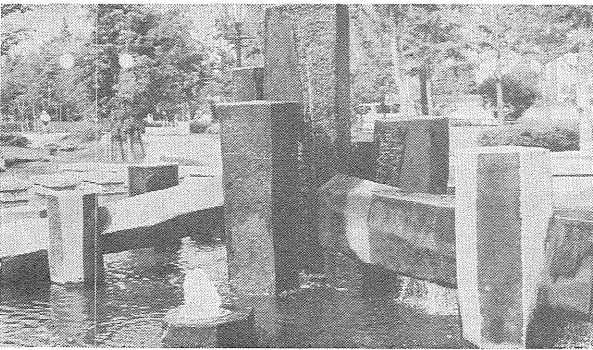


写真16 六方石 (かんらん石玄武岩の柱状節理を活用) による岩石庭園<17>

◎人材の確保

技能者 (ハイテク技術) の育成

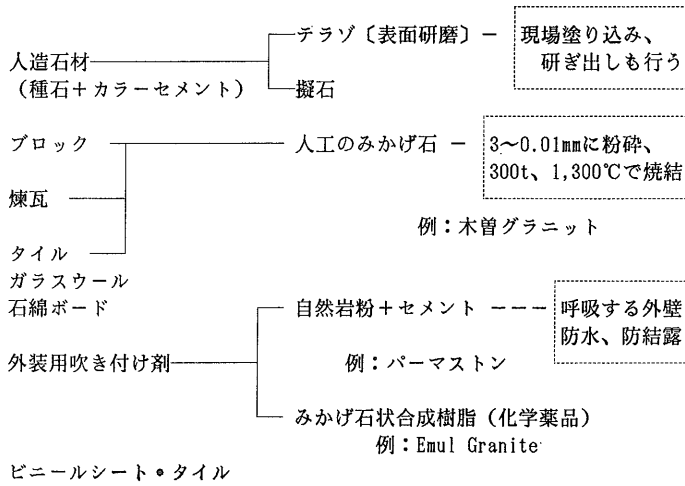
後継石工職人 (石の素材を理解; 伝統工芸) の確保

10. 石材類似品

おわりに, 石材類似品として, 自然の岩石が使用されているかどうかほとんどわからなくなってしまったものや, 原形を留めていない製品あるいは化学原料を用いて自然の岩石そっくり仕上げたものを第8図に紹介する。

謝 辞 (敬称略)

この20年ほどの間, 岩石の鑑定, 石材・骨材・砕石などの評価について, 内外の方達と交流が続いた。実際には, いつも教えていただくことの方が多かった。採石場の現場や加工工場へしばしば訪問し, あるときは学会の巡検旅行であったり, 新入職員の研修・外国研究者の見学などと度重なり, 企業の方にとって貴重な時間を割くばかりでなく, 危険防止の面からも, 案内者を付けねばならず迷惑至極であったに違いない。しかし, いつも快く迎えてくださり, その都度, きれいに研磨された標本試料をたくさんお土産にいただいた。なかでも, 次の方



第8図 石材類似品 (例示名は<9><14><15>から)

々からは格別の便宜を図っていただいた。ここに明記して、心から厚くお礼申し上げる。

株式会社タカタ、高田義一、永田助親、友常 大、河野雅英、石幸 大川 治、中野組石材工業株式会社 磯長 俊、翰昭和石材社 雨宮諒男、関ヶ原石材株式会社 中村篤司、株式会社岩本(博石館=石の博物館)、名古屋大学総合研究資料館、東北天然スレート工業株式会社、株式会社日本設計 馬場 武。

また、写真資料・カタログ・製品見本を別記の会社から提供していただいた。以上の資料は、本文をまとめるのに非常に参考になった。ご協力頂いたことに厚くお礼申し上げたい。

写真・カタログ・見本など寄贈(ABC順:本文中に写真を引用した場合、出典を<数字>で明示)

- <1> 大和物産株式会社
- <2> 翰エービーシー商会
- <3> 株式会社イースタン商会
- <4> 株式会社岩本(博石館=石の博物館)
- <5> ジーエーインターナショナル株式会社
- <6> 株式会社館谷組
- <7> 株式会社マーベル
- <8> 株式会社丸英
- <9> 明研化学工業株式会社
- <10> 美濃陶石工芸
- <11> 名古屋大学総合研究資料館
- <12> 名古屋通商株式会社石材事業部
- <13> 中野組石材工業株式会社
- <14> 株式会社日東建材工業
- <15> パーマ・ストーン日本株式会社
- <16> 関ヶ原石材株式会社・株式会社関ヶ原マーブルクラフト

1991年7月号

- <17> 新日本製鐵株式会社=津田鋼材株式会社
- <18> 翰昭和石材社
- <19> 株式会社タカタ
- <20> 東北天然スレート工業株式会社
- <21> 株式会社梅彦。

## あとがき

筑波研究学園都市内に、地質調査所の新庁舎を建設する事業は昭和47年頃から始まった。私は、地質調査所ばかりでなく、工業技術院筑波研究センター建設の全体計画策定(筑波第2研究センターを含む)の初期段階から参加する機会を与えられた。概念設計、基本設計、実施設計と次第にランクアップするにつれて、本来の研究とは全く異なる分野の専門家や設計会社、土木建築に

携わる人達と交流することができた。それ以前から取り組んでいた、地質標本館建設の全体計画もパイロット研究の段階から、また『花崗岩の解剖』⑩と『結晶のしくみ』⑪の両コーナーも手掛けられ、さらに、最終の展示物取り付け工事と公開に至るまで携わることができたのは、社会と研究との間の橋渡し、すなわち、PRとPAの役割を認識するという意味で、誠に幸運であった。

変成岩と花崗岩をおもな研究対象としている私にとって、筑波山周辺の地質、とくに、大規模に掘削されている石材や碎石の現場では、驚かないではおれないような地質現象を見せつけられた。意外にも、そのような地質現象を内在させる岩石が、きずものとして石材にはならず、ほとんど邪魔物あつかいで、廃材の運命をたどっていることであった。ちょうど、『花崗岩の解剖』の展示内容を懐悩しながら展示標本を探している頃でもあった。やがて、「あの廃材を捨てないでほしい」との勝手な思いが次第に熱くなり、内外の関係者に地質現象の意義を説明し、研究試料や展示標本として導入してもらうよう陳情した。その後、稲田花崗岩と捕獲岩とが示す生き生きとしたマグマの貫入状況の岩板展示が『郷土の地質』コーナーに、さらに、地質標本館前庭に倉橋島や筑波山北方の羽黒産の巨大な岩塊がお目見えすることになった。

実は、筑波研究学園都市には、さりげなく、たくさんの廃材がたくみに有効利用されていることは、本文をいちべつされるまでもなくすでに見聞しておられることでしょう。筑波研究学園都市ばかりでなく、私たちの居住空間、とくに足許は自然の素顔を見せる岩石圏といえるようになっていく。まだまだ、たくさんの捨てられる運





写真17  
新しい用途開発と芸術作品を競う第3回石材コントロール〔笠間市、1987年6月※〕、入賞作品には、通産大臣賞、資源エネルギー庁長官賞などが贈られる。

命にある廃材のなかには逸品があり、学問的興味だけでなく、自然観察の宝庫という観点からも、さらに地球の贈物である資源の有効利用と省資源の面からも、暖かいまなざしを向けていただきたい。この私の願いがわかっていただければ、初めて、<difference>を認めていただいたことになりましょう。

参考文献（本文中の引用箇所には数字表示）

① Oxford University Press (1990) : The Concise Oxford Dictionary of Earth Sciences.  
 ② 地質調査所 (1956) : 日本鉱産誌Ⅶ, 土木建築材料. 293p.+ (索引) 22p.  
 ③ [株] 建築知識 (1990) : 特集—石材まるごと百科. 建築知識, vol.32, no.3.  
 ④ 下坂康哉・山田直利 (1984) : 外装用輸入石材. 地質ニュース, no. 362, 表紙および口絵写真.  
 下坂康哉, 山田直利・谷津良太郎(1984) 都会は世界の岩石博物館. 地質ニュース, no. 362, 6-11.  
 ⑤ 大川 治 (1985) : 花崗岩の話. 骨材資源, no.65, 39-49.  
 ⑥ DALE, T. Nelson (1923) : The Commercial Granites of New England. Bul., U. S. Geol. Survey 738, 488 p.  
 TYRREL, G. W.(1926) : The Principles of Petrology. Methuen & Co., London.  
 ⑦ 服部 仁 (1990) : 高分解能の映像で見る地質. 建設ハイビジョン研究会報告書, 22p.

⑧ The Oxford University Press (1981) : 158 Quarry. Oxford-Duden Pictorial English Dictionary, p.272.  
 ⑨ 服部 仁 (1982) : 国土の基本地質図のこれから—5万分の1地質図幅一. 地質ニュース, no. 337, 38-48.  
 ⑩ 服部 仁・笹田政克 (1984) : 地質標本館だより, 花崗岩の解剖. 地質ニュース, no. 353, 73-78.  
 ⑪ 服部 仁・金沢康夫 (1984) : 地質標本館だより, 結晶のしくみ. 地質ニュース, no. 354, 52-63.  
 ⑫ 笹田政克・豊 遙秋・坂巻幸雄 (1982) : 花こう岩の産状と利用. 地質調査所100周年記念地質見学会テキスト, 第1班<筑波山周辺コース> 7p.  
 笹田政克・服部 仁 (1982) : 筑波地域の花崗岩類. 日本鉱山地質学会・日本岩石鉱物鉱床学会・日本鉱物学会, 昭和57年度秋期連合学術講演会プログラム (見学旅行), p. 169-172.  
 ⑬ 服部 仁 (1988) : 花崗岩 (稲田石) 採掘場のみどころ. 三鉱学会昭和63年度秋期連合学術会巡検旅行説明書, p. 21-26.  
 その他 : 建築工事研究会編著 (1990) 積算資料ポケット版 '90後期篇. 経済調査会, 1087p.

HATTORI Hitoshi(1991) : The utility of stones and their diversifying potential and waste problem. —Unforeseen appearance of an invaluable natural resource.

>受付 : 1991年4月23日<