

稲田みかげ

笹田 政 克¹⁾

1. はじめに

仕事柄みかげ石の石切場に足を踏み入れる機会が多いが、稲田の石切場を訪れる時には、いつもその規模の大きさに圧倒されてしまう。石材として大きな建物を装飾している稲田みかげは、いっどこで見ても均質で美しい肌合をもっているが、石切場での稲田みかげは、私たちにまた別の側面を見せてくれる。石切場の大きな壁面の前に立つと、稲田みかげが自らの生い立ちについて語りかけてくるような気がする。この小文では、稲田みかげが石材として利用されてきた歴史を簡単に振り返った後、地質学的見地から稲田みかげ（稲田花崗岩）について眺めて見ることにしたい。

2. 石材としての歴史

稲田・笠間付近には、みかげ石でできた江戸時代の鳥居や石灯籠がいくつか残されているが、稲田みかげが本格的に石材として利用されるようになったのは、明治中期以降のことである。江戸時代は石材の輸送をもっぱら水運に頼っていたため、江戸にはいる石材は伊豆方面のものがほとんどであった。江戸城の黒い石垣、東京で墓石の一級品とされてきた小松石は、ともに伊豆及びその周辺の火山岩である。一方、大阪城の白い石垣は瀬戸内のみかげ石でできている。水運に恵まれ、良質のみかげ石を産する瀬戸内地方では、古くから石材産業が盛んであった。

稲田に石切場が開かれたのは、水戸・小山間に鉄道が開通した明治22年前後であるが、この時稲田の石切場を切り開いたのは、瀬戸内及び伊豆の石切場から移ってきた人達であった（小林, 1985）。その後鉄道網の整備等で大量の石材が必要となり、稲田みかげを東京方面に輸送するため、明治30年に貨物専用の稲田駅ができる。明治30年代は稲田から良質で安価な石材が大量に搬入され、東京における石材の供給状況が一変した時代であったと

いわれている。この頃はまだ東京の街に鉄道馬車が走っていたが、明治37年にこれが廃止となり、かわって電気軌道の布敷が始まった。この路面電車の敷石に膨大な量の稲田みかげが用いられることになったので、稲田の石切場では、山の奥までトロッコの軌道を敷くなどして、開発がまた大きく進んだ。

昭和初期になると稲田みかげを用いた大きなビルが、東京の市内に見られるようになる。明治の頃は赤煉瓦造りの建物が主流で、丸の内界隈は一丁ロンドンなどと呼ばれていたが、欧米風の建物でも、美しい円柱を側面にあしらったギリシア風建築の建物の模倣には、石材等の問題もあり、なかなか手が届かなかったように思われる。昭和4年になり日本橋に建てられた三井本館（写真1）は、大理石のかわりに同じく白く美しい稲田みかげで、がっしりとした石組みのギリシア風建築の建物を実現した。なお、この頃造られた稲田みかげの建物の主なものには、日本銀行（写真1）、上野の表慶館（現在国立博物館）、第一相互保険（現在第一生命）（写真2）等がある。また、

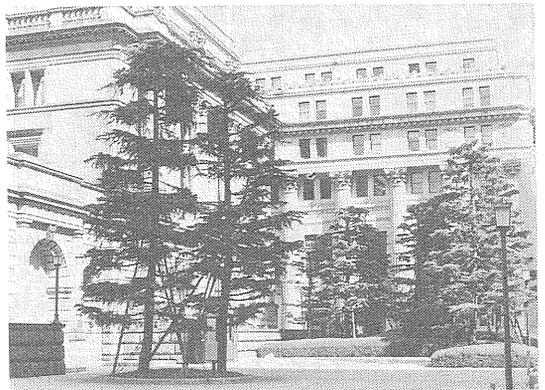


写真1 三井本館(右)昭和4年、及び日本銀行旧館(左)昭和7年。円柱の美しい三井本館の外壁は、すべて稲田みかげの組石により飾られている。日本銀行旧館も外壁は美しいみかげ石で覆われている。ここでは稲田石のほか、北木島石、青木石、白丁場石が用いられている。

キーワード：花崗岩，石材，捕獲岩，鍾乳洞，石目，マイクロクラック，流体包有物

1) 地質調査所 地殻熱部



写真2 第一生命ビル，昭和13年。外装に9,500トンの稲田みかげが使用されている。第二次世界大戦中は地下に防空総本部が設けられ，戦後は一時期連合軍最高司令部として使われた。昭和39年の東京オリンピックの際には，特別につくられた洗剤で，お化粧直しがされ，道行く人々はみかげ石の美しさに目を奪われたという（小林，1985）



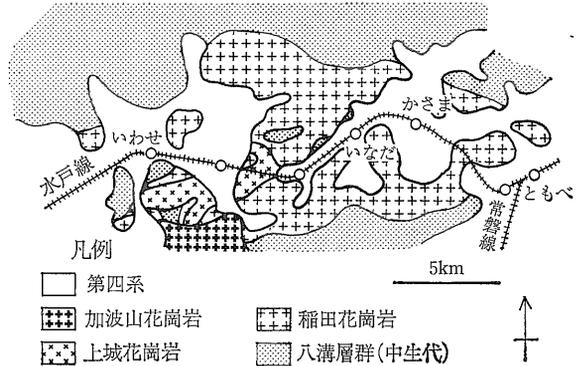
写真3 都電荒川線飛鳥山停車場にわずかに残るみかげ石の敷石。

外装に広島県倉橋島のみかげ石（譏院石，尾立石）等を用い，国内の石材をふんだんに使った国会議事堂が落成したのもこの頃である（昭和11年）。

戦後の建物で稲田みかげを用いた主なものには，最高裁判所，東京証券取引所，水戸芸術館，三菱銀行本店等がある。これらの外壁には，美しいみかげ石の割れ肌が生かされている。このほか貼石として稲田みかげが使われている建物にいたっては，枚挙のいとまがない。また，東京ではかつて路面電車の敷石として使われていた稲田みかげは，もうほとんど見る事ができないが（写真3），JRや地下鉄の駅の階段には，稲田みかげが随所で使われている。

3. 稲田花崗岩の分布

かつて41系統を数えた都電の敷石を供給し，数えきれ
1991年5月号



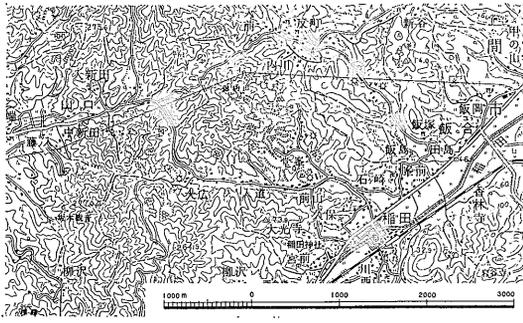
第1図 稲田地域の地質図。20万分の1地質図「水戸」（地質調査所，1960），高橋（1982），笠間地域地質図（通商産業省，1987）等に基づいて編集。

ない程のビルの外壁を飾り，東京周辺の駅の階段を作っている膨大な量の稲田みかげは，その産地においてはどれくらい空間的な広がりをもって分布しているものなのであろうか。

地質図で稲田付近をみると，JR水戸線の岩瀬から友部にかけての沿線に花崗岩が分布している（第1図）。これが稲田花崗岩と呼ばれる粗粒の黒雲母花崗岩で，東西約20km，南北約10kmの広がりをもっている。周辺には八溝層群と呼ばれる中生代の地層が分布しているほか，稲田花崗岩とほぼ同じ時代にできた花崗岩類が分布している。稲田花崗岩の分布域をよく見ると，八溝層群が所々に顔を出している。これらは花崗岩の上に薄くのうような形で残っている堆積岩で，花崗岩マグマが貫入したときの熱で，いずれも強く焼かれている。稲田花崗岩は珪酸分に富むマグマが，八溝層群中に貫入し冷え固まったものだが，現在水戸線が通っているあたりの削剝レベルは，その固結してできた花崗岩体の上面付近にあたる。この花崗岩体が地下でどれだけの深さまで存在しているか，現在のところ，それを具体的に示すデータはない。しかし，後述するようにみかげ石を採掘できる深さには限界があるようである。なお，花崗岩マグマが八溝層群中に貫入して固結したのは，約6千万年前と推定されている（Arakawa and Takahashi, 1988）。

4. 石切場にて

稲田の石切場は，この花崗岩体のほぼ中央部に位置している（第2図）。国道50号線の通る稲田の街から，石切場に向う道の入口には，石切山脈の表示がでている。その道を北に上り，道なりに進んでいったつきあたりにあるのが岩倉丁場で，ここでは花崗岩中に様々な大きさの



第2図 稲田の石切場（国土地理院5万分の1地形図「真岡」）
茨城県笠間市稲田付近には、数多くのみかげ石の石切場が分布しており、通称“石切山脈”と呼ばれている。

ホルンフェルス（熱変成した堆積岩）のブロックが捕獲されている様子が、大きな壁面に見られる（第3図）。これらの捕獲岩は、花崗岩マグマが堆積岩中に貫入した際、マグマ溜の天井付近にあった堆積岩が、マグマ中に剥れ落ちてきたものであろうと想像できる。上述したように稲田花崗岩体の現在の侵食レベルは岩体の上面付近であるので、これらの捕獲岩の沈降した距離はそれほど大きくないかもしれない。ホルンフェルス（多くは砂質岩）と花崗岩のマグマの密度はそれほど大きくちがわず、珪酸分に富むマグマの粘性はたいへん高かったので、落ちて

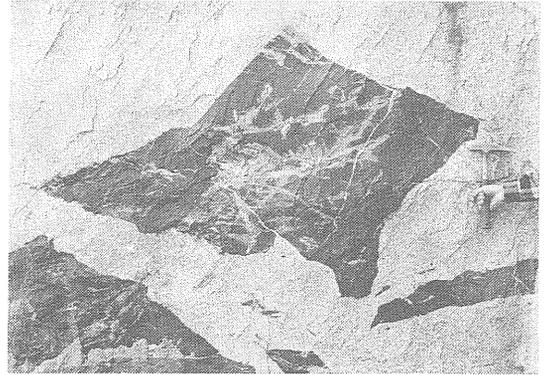
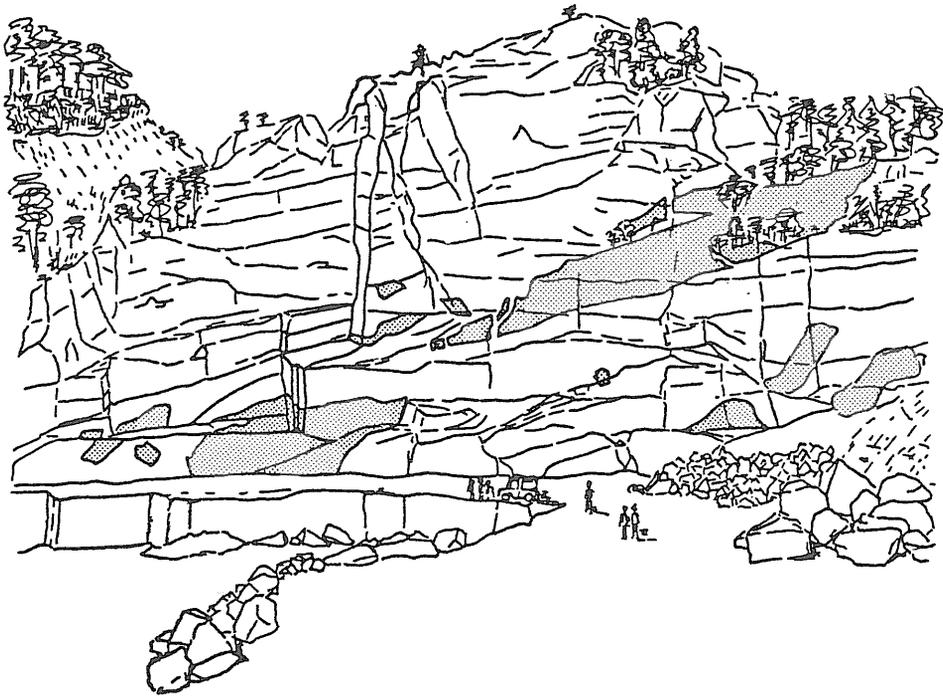


写真4 岩倉丁場のホルンフェルスの捕獲岩（正井義郎氏撮影）

きたブロック同士はあまりばらばらにならずにまとまっているのであろう。ホルンフェルスのブロックは、数cm大のものから数10mのものまで様々であるが、いずれも角ばっており、溶融した様子はない（写真4）。もし、これらの捕獲岩を取り出すことができるなら、ジクソーパズルの如くに元の形に復元することも可能かもしれない。このホルンフェルスは、通常石材としてはきず物同様の扱いをされてしまうが、つくばセンタービルでは中庭の石組みに逆にこれを巧みにとりいれて、花崗岩中に捕獲岩の取込まれている様子を、上手に表現している（写真5）。
数年前のことであるが、高田石材の河野さんからお電



第3図
捕獲岩の見られる
岩倉丁場のスケッチ。網かけ部が捕獲岩、白色部が花崗岩。

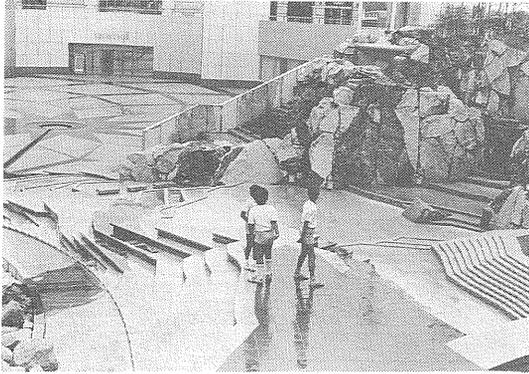


写真5 つくばセンタービルの中庭にある 稲田みかげの石積み
(正井義郎氏撮影)。黒っぽい部分はホルンフェルスの
捕獲岩(説明は本文参照)。

話をいただき岩倉丁場を案内していただくと、いつものチョコレート色をした砂質岩のホルンフェルスとはちがう、花崗岩よりもさらに白いブロックが、石を切り出したばかりの壁面に顔を出していた(写真6)。それは大粒の方解石からなる結晶質石灰岩の捕獲岩であった。1 cm 大の大粒の方解石は勿論マグマの熱で石灰岩が再結晶してできたものである。不思議なことに上半分が空洞となっている。これは別に何かを取出した跡ではなく、石を切出した時から空いていたという。空洞の中の様子から見ると、どうも地表水の循環により溶かされたものらしい。鍾乳石こそないが、これは花崗岩の中にできた鍾乳洞というべきものではないだろうか。空洞の周囲をよく見ると、斜めに割れ目が走っている。多分この割れ目に雨水が侵入してきて、永い年月をかけ結晶質の石灰岩を溶かしたのであろう。この小さな花崗岩の中の鍾乳洞は、その後の石の切り出しで現在はその姿を見ることができない。刻々と姿を変える石切場での1コマであった。

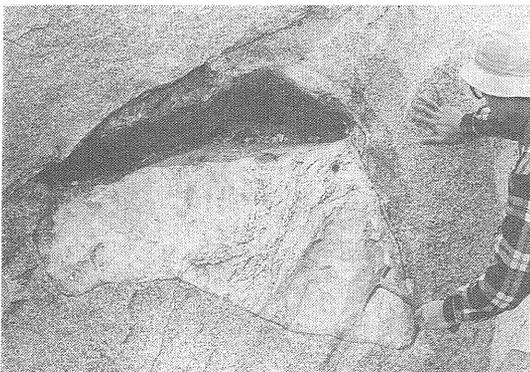


写真6 岩倉丁場の結晶質石灰岩の捕獲岩(正井義郎氏撮影)。
上部にあいている空洞に注目。説明は本文参照。

岩倉丁場から50号線へと下る道を西に少しはいると、起伏の緩やかな地表をオープンピットで階段状に開き出した前山丁場がある(写真7)。この前山丁場では、地下50mまで石の切出しが行われているが、ここでは深くなるにつれ山はねに似た現象が起こるらしい。これはたて穴があけられたことによる応力の解放によるもので、地下で花崗岩にいかにか大きな力が加えられているかがよくわかる。さて、このオープンピットの側面に目を転じ、地表近くを眺めて見ると、地表面にはほぼ平行し、全体にやや湾曲した割れ目が、幾重にも発達しているのに気がつく(写真8のS)。これはシーティング・ジョイントと呼ばれる割れ目で、かつてこの花崗岩の上ののっていたものの荷重がとれたために生じたものである。花崗岩が固結した深所では、非常に大きな岩圧がかかっていたはずであり、それが6千万年の歳月を経て、地殻変動と侵食とにより、地表に顔を出すようになると、高い圧力から解放された岩石はこのように割れる。地殻中では、この他にも別の力で石が割れることもある。そして、岩盤にかかるいろいろな力の相互作用から無傷で残ったものだけが、良質な石材として利用されるのである。

さて、石切場を訪ねた時、石工さん達が^{くぼ}矢と玄能で中割、小割の作業をしているのを見ると、その場に釘づけになってしまうことがしばしばある。中割、小割とは大きなみかげ石の塊に、チップングハンマーという機械工具で、一列に穴をあけた後、そこに矢を打ちこんで石を割る作業のことで、石工さんが、最後に1、2本の矢を残して、あとは全部抜きとり、その1、2本の矢を玄能で軽くだたくと、みかげ石の大塊はバリッという大きな音をたてて、いとも簡単に割れてしまう。この最後のシーンは何か手品を見ているようで、いつも感動する。

何故このように石がきれいに割れるのだろうか。岩石の引張り強度は、剪断強度に比べて小さいが、それにしても、引張り強度が最小になる面を上手に選ばないと、みかげ石はきれいに割れてくれないだろう。つまり、一列に矢穴をあける面をどのようにして選ぶかにすべてがかかっている。石工さん達の言葉では、この作業を「目を拾う」という。目は石目のことであり、石目とは、みかげ石の割れやすい方向のことである。稲田では、鉛直方向の石目を割れやすい順に「目」、「二番」と呼び、水平方向のものを「重ね」と呼んでいる。それでは目を拾うにはどうすればよいのだろうか。石工さんたちはどうも、みかげ石の表面に見られる細かな割目、つまり花崗岩を構成する鉱物中に発達するマイクロクラックを丹念に拾っているらしい。光のあたり具合で細かな割目の見え方も微妙に変化する。目を拾うということは、長い経験をもってしてなせる業のようである。



写真7 前山丁場の全景 (写真提供: 中野組石材工業株式会社)

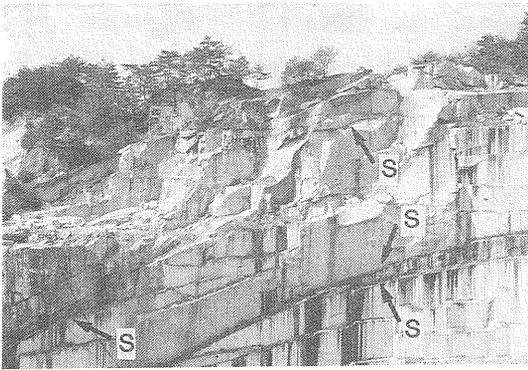


写真8 シーティング・ジョイント (前山丁場). 地表面にはほぼ平行に発達する節理はシーティング・ジョイント (Sで表示) と呼ばれる.

徳山工専の工藤さんたちのグループは、この石の目を岩石力学的立場から、実に明解に解き明かしてくれた(工藤ほか, 1986). 彼らが観察, 測定した結果によると、みかげ石の引張り強度は、目と二番で極小となり、それぞれマイクロクラックの密度が大きいところに対応している。クラックの密度は顕微鏡を用いても推定できるが、彼らは縦波の速度変化を利用して、クラック密度の異方性を三次元的に表現し、引張り強度との対応関係を明らかにしている。

工藤さん達はまた全国各地の石切場を訪ね、石目の測定を行っている。それによると稲田では、最も割れやすい目はほぼ東北東に向く鉛直面で、二番は、それに直交

する同じく鉛直な面であるということである(工藤ほか, 1987).

5. テクチャーと構成鉱物

石材としてのみかげ石は、その粒度により粗目、中目、小目、糠目と区分される。稲田花崗岩(写真9)はほとんどが粗目であるが、一部の石切場では中目の岩相が伴われる。ちなみに第1図の地質図で示した上城花崗岩は糠目、加波山花崗岩は中目及び小目である。みかげ石はその粒度により用途が多少異なり、粗目の稲田みかげは主として建材に、小目の加波山花崗岩(真壁みかげ)は、石像等の細工ものに用いられている。

さて粗目の稲田みかげは、地質学的には粗粒角閃石含有黒雲母花崗岩(Coarse-grained hornblende-bearing biotite granite)と呼ばれる。花崗岩とは石英・カリ長石・斜長石をほぼ等量含む完晶質の深成岩に付けられる岩石名で、含まれる有色鉱物名を少ない順にその前に並べる習慣がある。第4図には稲田花崗岩の鉱物容量比を示す。なお、角閃石については稲田花崗岩の場合含まれる量が極めて少ないので、角閃石含有という表現を用いている。

稲田花崗岩を薄片にして、偏光顕微鏡で観察すると、ほぼ同じ大きさの石英・カリ長石・斜長石が、組合わさっている様子がよくわかる(写真10)。顕微鏡下では、主成分鉱物である石英・カリ長石・斜長石・黒雲母・角閃

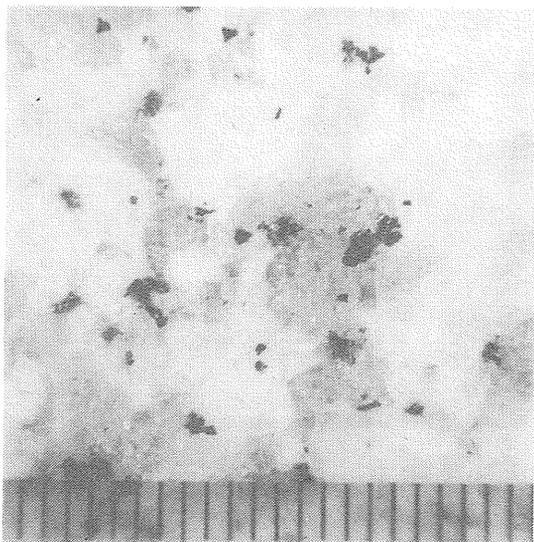


写真9 稲田みかげの研磨面。透明感のある鉱物が石英、白色の鉱物が長石（カリ長石及び斜長石）、黒色の鉱物が黒雲母。1目盛は1 mm。

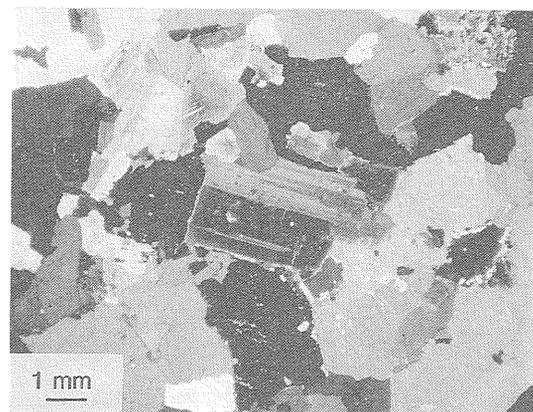


写真10 稲田花崗岩の等粒状組織。偏光顕微鏡を直交ニコルにして、0.03mm厚の岩石薄片を撮影したもの。構成鉱物については写真11を参照。

石英	カリ長石	斜長石	黒雲母	3.8%
33.7%	32.1%	30.3%	褐れん石	0.07%
			角閃石	0.02%
			その他	0.04%

第4図 稲田花崗岩の鉱物容量比。測定面積は約50cm²、測定点数は約25,000点。地質標本館「花崗岩の解剖」コーナーの展示資料（服部・笹田，1984）に基づく。

石が、それぞれの光学的特徴で容易に識別できるほか、微量に褐れん石・ジルコン・モナズ石・リン灰石・鉄鉱（チタン鉄鉱他）・緑泥石・方解石・絹雲母・ゆうれん石等の鉱物が含まれることがわかる。これらの主なものは写真11（次頁）にまとめた。

このうち石英について高倍率のレンズを使って顕微鏡で観察した結果について述べ、この小文を終えることにしたい。石英は花崗岩の中で最も透明感のある鉱物で、肉眼で見る限り中には何も見えない。ただ小さな割れ目が沢山はいつているのはよくわかる。石英を40倍程度の通常の倍率で見ると、マイクロクラックが黒い筋となってよく見える。それをさらに倍率を上げ100倍にすると、それまで黒い筋に見えていたもののうちいくつかは、流体のつままった小さな粒が面状に並んでいるものであることがわかる（写真12の1）。さらに倍率を上げ400倍に拡大して見ると、それぞれの粒は液体で充たされており、その中に小さな気泡の伴われているものもあることがわかる（写真12の2）。鉱物中に捕獲された流体は、流体包有

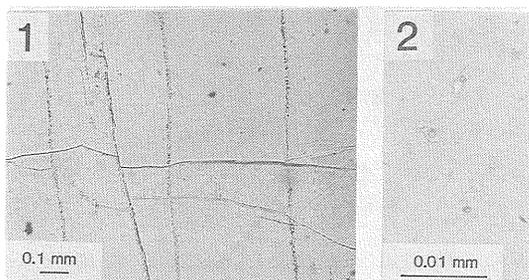


写真12

石英中の液粒面と流体包有物。

1. 石英中のマイクロクラックと液粒面（マイクロクラックは写真中央に横に延びるものと、それとやや斜交するものがあり、ともに新しい割れ目である。液粒面は写真の縦方向にはほぼ平行に3枚見られる。それぞれ無数の小さな粒が一つの面上に並んでいる。この黒く見える粒は流体包有物と呼ばれるもので、極微量の流体で充たされている）
2. 流体包有物（液粒面上のものを拡大したもので、気泡と水溶液からなる）

物と呼ばれており、また、その流体包有物の並ぶ面は液粒面と呼ばれる。この液粒面は流体に満たされたマイクロクラックが、流体と鉱物との間の相互作用により癒やされていく過程で形成されたものである。写真12の1のように液粒面は方向性をもって分布している場合が多いので、地下深部での地震波の異方性の問題を解く鍵の1つとして、最近注目を集めている。また、液粒面はある応力場で形成されたかつてのマイクロクラックを表わしているわけであるから、この微細構造を解析することにより、6千万年の歴史をもつ稲田花崗岩が、地下深部でマグマから固結してできた時から、現在地表に姿を現わすまで、どのような力学的な場に置かれていたかを、解き明かすことができるかもしれない。そして現在のマイ

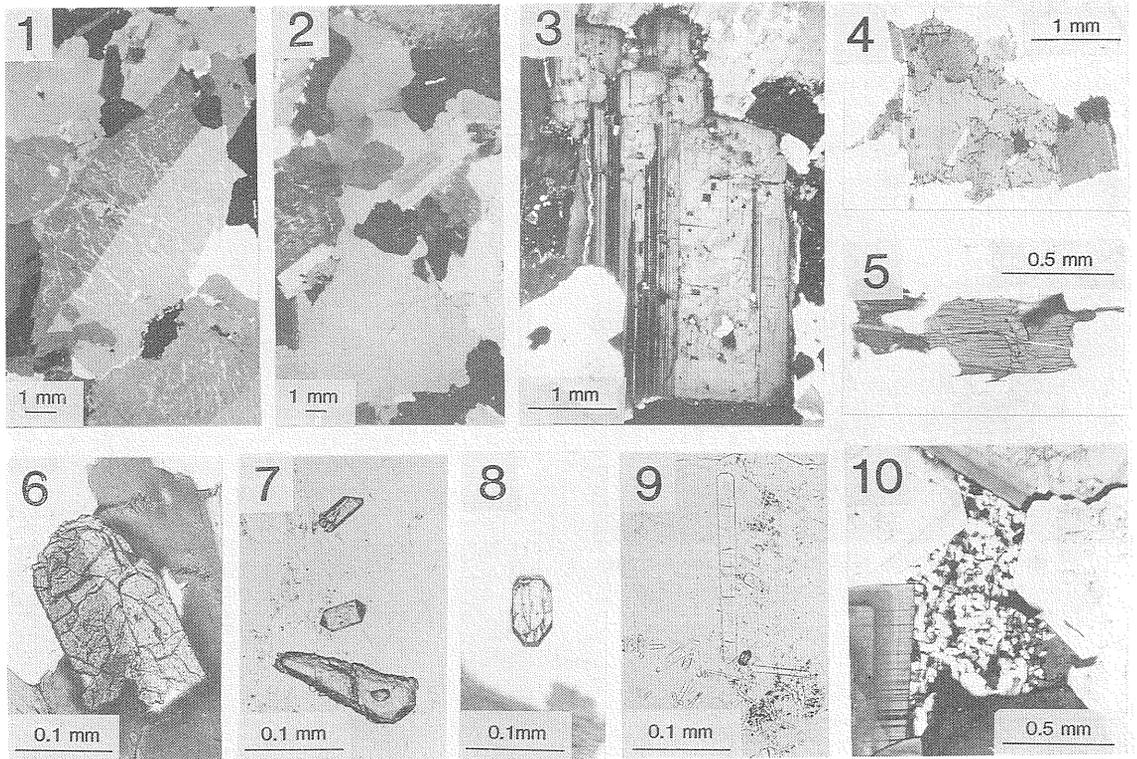


写真11 稲田花崗岩の構成鉱物（主成分鉱物1-5，副成分6-10）

1. カリ長石（双晶及びペーサイトと呼ばれるラメラ状の組織が見られる） 2. 石英（消光位が多少異なるいくつかの部分からなる。写真の縦方向に規則的な割れ目が認められる） 3. 斜長石（縁辺部分の消光位が異なるのは、組成の違いによる。全体にアルバイト双晶と呼ばれる細かな集片双晶が発達している。またアルバイト双晶に平行な方向及びそれにはほぼ直交する方向に劈開が見られる） 4. 黒雲母（やや結晶方位の異なるいくつかの結晶の集合体として産する 경우가多い。写真の縦方向に見られる筋は劈開で、C軸に垂直な面に発達している） 5. 角閃石（稲田付近の稲田花崗岩においては、他の主成分鉱物と違い、大きな結晶をつくることはない） 6. 褐れん石（トリウムを含むため周囲の鉱物は放射線のダメージを受けメタミクト状態となっている。周りの黒雲母中に見られる黒いハローに注目） 7. ジルコン（自形性のよい2つの小さな結晶と丸みを帯びた比較的に大きな結晶が、相伴っている。表面が磨耗したように見える大きなジルコンは、碎屑性鉱物起源のものかもしれない） 8. モナズ石（希土類及び放射性元素を含むリン酸塩鉱物） 9. リン灰石（長柱状から針状の形をしたカルシウムのリン酸塩で、ここでは集合的に産している） 10. 緑泥石（自形の斜長石に囲まれた空隙を埋めて、細かな結晶の集合体として産している。この産状から最末期に晶出したものであることがわかる。緑泥石はこの他、変質を受けた黒雲母中にも認められる） 1-3及び10が直交ニールで、その他は下方ニールのみで撮影。

クワックである石目の形成に、これがどう結びついてくるのかということも、興味深い問題である。

謝辞：石切場の見学に御協力いただいた俣タカタの河野雅英氏、資料を提供していただいた俣中野組石材工業の川畑真朗氏及び地質調査所地質部の服部 仁氏、写真撮影をしていただいた元地質調査所職員正井義郎氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

Arakawa, Y. and Takahashi, Y. (1988): Rb-Sr ages of granitic rocks from the Tsukuba district, Japan. Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol. 83, 232-240.
 地質調査所 (1960): 20万分の1地質図幅「水戸」。

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.
 小林三郎 (1985): 稲田御影石材史. 新人物往来社340p.
 工藤洋三・橋本堅一・佐野 修・中川浩二 (1986): 石工の経験則と花崗岩の力学的性質。土と基礎, 34, 47-51.
 工藤洋三・橋本堅一・佐野 修・中川浩二 (1987): 花崗岩質岩石内のクワックの配向面に関する調査。第19回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 11-15.
 高橋裕平 (1982): 筑波地方のカコウ質岩類の地質。地質雑88, 177-184.
 通商産業省 (1987): 笠間地域地質図。

SASADA Masakatsu (1991): Inada granite.

<受付: 1991年4月10日>
地質ニュース 441号