

アルゼンチン, ソトの堇青石石材

石原舜三¹⁾・グラツィエッラ カプラレッリ

まえがき

今年の7月11-14日, 日本コンベンションセンター(幕張メッセ)で開かれた世界的な石材見本市, ジャパンストーンフェアではいくつかの岩石学的に珍しい石材の展示があった。その一つ, アルゼンチン産の堇青石石材はその70-80%が堇青石からなる興味深いもので, 説明によると花崗岩と共に産出すると言う。

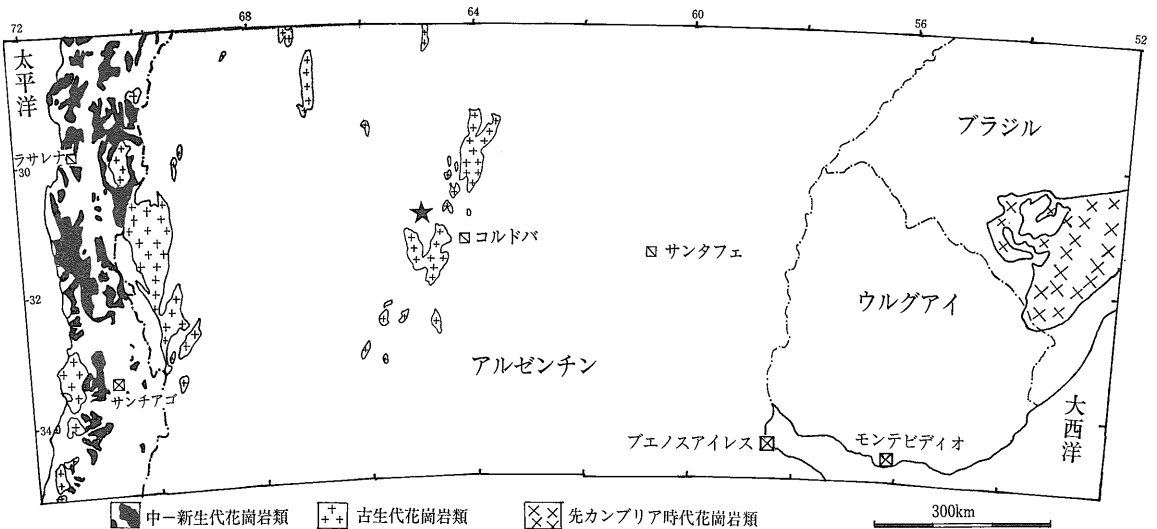
堇青石を含有する花崗岩はSタイプチタン鉄鉍系とただちに判定することができるが, 我が国の標式地である西南日本外帯南部の諸岩体にみられるように, 堇青石の量は少なく, かつ捕獲斑晶として産出することが多い。したがってこの様な石材の産状は非常に興味深く, 主にGordillo (1974) の記載を引用してここに紹介してみたい。

広域地質

堇青石石材産地は, 西経65°00', 南緯30°51' (第1図) アルゼンチンのほぼ中央部の丘陵地(海拔800m)に位置している。コルドバから車で西北西方向に184kmの距離にあり, ソト(Soto)の南方17kmに位置する。

南緯32°付近の南アメリカ大陸では, 東部のブラジル南端, アルゼンチンのコルドバ西方, チリとの国境付近のアンデス隆起部の3ヶ所で, 先カンブリア系を中心とする基盤が露出しており, その他の内陸部は表成堆積岩類に覆われる。花崗岩類もこの3地域に分布し, その時代は東部で古く, 西方へ若い傾向を示す(第1図)。

アルゼンチン地質図(1/250万, 1982年)によると, コルドバ西方の露出域には主として上部原生代の変成岩とミグマタイト, これらに貫入する古生代中期の花崗岩類が画かれている。変成岩類の一部には雲母グラニュライトが分布し, 変成度が高い岩石が存在することが推察され



第1図 南アメリカ, 南緯32°付近の地質概略図(1/500万南アメリカ大陸地質図1967による)。

1) 工業技術院: 〒100 東京都千代田区霞が関1-3-1
2) 地質調査所地殻化学部 STA フェロー(1990.3-1992.3)

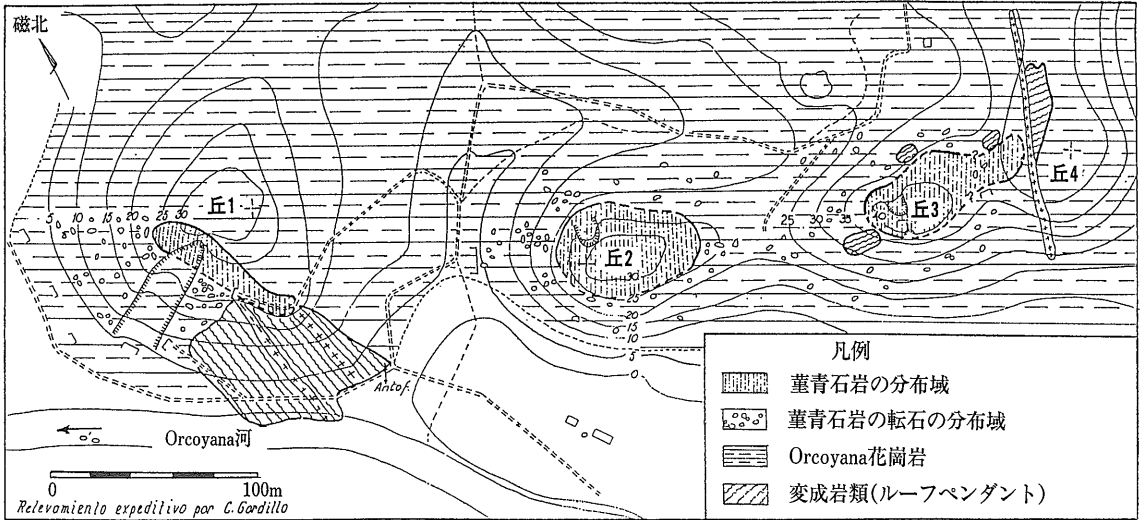
キーワード: アルゼンチン, 堇青石岩, Sタイプ花崗岩

る。

採石場付近の変成岩類は主に雲母珪長質片岩からなり、その変成度は緑色片岩相程度である。アプライト質岩脈がしばしば貫入する。変成岩類は El Pilon 花崗岩体 (16km²) の侵入をうける。この花崗岩は石切場付近では地名に因んで Orcoyana 花崗岩と呼ばれる。

堇青石と黒雲母から構成され、少量成分として石英、斜長石、珪線石、燐灰石、二次的白雲母、局部的に産する電気石が含まれる。

堇青石岩の採掘場は2群に分けられる。Tamain 石切場では黒雲母が少ない淡緑色系のものが得られ、Cerro



第2図 Tamain 石切場の地質概略図 (Gordillo 1974 原図)。

Orcoyana 花崗岩

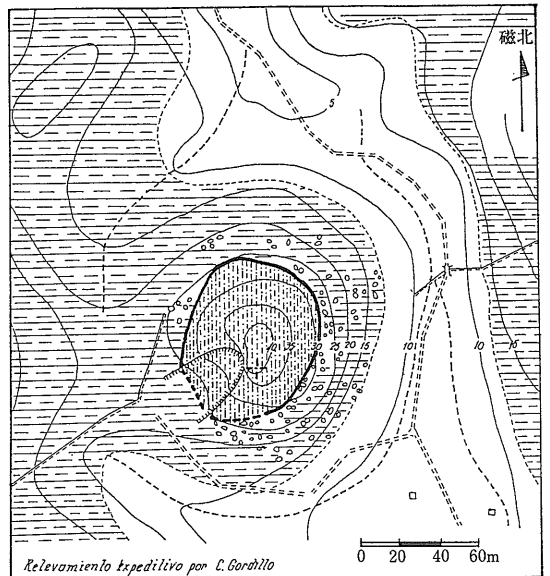
Orcoyana 花崗岩体は次の4岩相から構成される。

- (i) 中粒黒雲母花崗岩、量的に最も多い。
- (ii) 細粒アプライト質黒雲母花崗岩。
- (iii) カリ長石斑晶を持つ斑状黒雲母花崗岩。
- (iv) 結晶片岩の小岩片に富むミグマタイト質岩。

これら花崗岩類はいずれもカリ長石に富む狭義の閃長花崗岩である。堇青石岩との境界部付近では堇青石を含み、Tamain 石切場では接触部沿いに厚さ20mの花崗岩が堇青石を含んでいる。代表的試料のモード分析結果は約4%の堇青石が花崗岩に含まれることを示す(第1表5)。この花崗岩はカリ長石(51%)と石英(32%)に富む黒雲母(5%)花崗岩で、化学的には高含有量のSiO₂, Al₂O₃, K₂O, 高いFeO/Fe₂O₃などで特徴づけられ、Sタイプと判定しうるものである。

堇青石岩の産状

堇青石岩は花崗岩体中に散点してみられ、地形的な凸部に位置している(第2, 3図)。これは種々の比率を持



第3図 Cerro Negro 地質概略図 (Gordillo 1974 原図)。

Negro 石切場では、その名の如く黒雲母が多いために黒く、暗緑色系で、さらに北東部では石英やアルバイト細脈に切られる種類も存在する。

Tamain 石切場

ここでは北西から南東へ向けて、4つの丘(1~4)があり、いずれも堇青石岩を伴う。

丘1が主開発地区であり、中粒(5-10mm)の淡緑灰色のものが主体である。その化学組成を第1表1に示すが、第2表6の鉱物分析値と比較してわかる様に、これはほぼ純粋な堇青石岩に近い。

この石切場の北部には高級品である2-4 cmの“堇青石の眼”を持つものが分布する。また南方には黒雲母片岩が分布し、それと堇青石岩との境界部には、片岩角礫の一部を堇青石マトリックスが埋める角礫岩がみられる。さらに南方(第2図の Antof)には幅50cmの直閃石-絹雲母岩がみられる。堇青石のピナイト化はペグマタイト脈に切られる部分でのみ生じている。

丘2は丘1とほぼ同様であるが、一部に粗粒なものがある。また地質図(第2図)には記していないが、堇青石化片岩も存在する。

丘3では、上記2種に加えて、中粒暗緑色系がみられ、これは黒雲母に富む(15容量%, 第1表2)。また粒度変化も著しい。雲母片岩が多数残存しており、それは部分的に堇青石化している。

丘4には電気石に富むペグマタイト脈があって堇青石岩の東縁を画すが、ここでは更に黒雲母が多く、堇青石/黒雲母=1である。したがって丘1から丘4へ黒雲母が増加していると言える。また丘4では燐灰石が多く含まれ、約5%に達する。

Cerro Negro 石切場

ここでは(第3図)、次の3種類の堇青石岩が不規則に入り混って分布している。

(i)黒色系。ここで最も一般的なもので、第1表4に示すごとく、黒雲母が多く(39%), また石英(12%)やオリゴクレス(An 13)斜長石(3%)などの不純物も多く含まれる。

(ii)暗褐色系。これは黒色系に石英とアルバイト(An 5%)斜長石のスポットが入るもので、ペグマタイト期に生成されたと考えられるもの。

(iii)淡色系(エメラルドグリーン岩)。量的に少ない。第1表に示す様に、本岩は Tamain 石切場の岩石と酷似する。緑色は堇青石や黒雲母が二次的に変質して生じた緑泥石によるものである。

堇青石岩の鉱物・化学組成

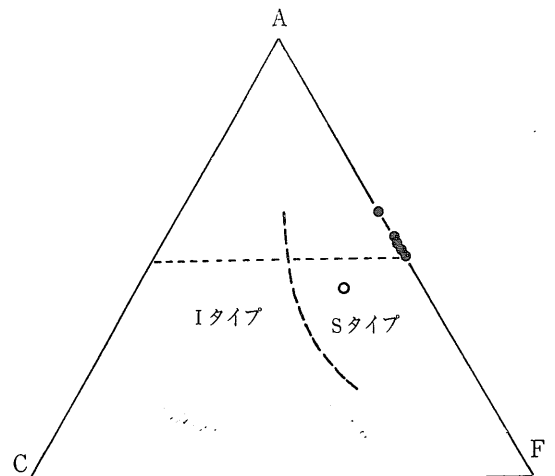
堇青石岩の全岩(第1表)および分離鉱物(第2表)の分析値でわかるように、堇青石岩の堇青石含有量はかなり高い。いま全ての K_2O は黒雲母に、 $MgO+FeO$ は堇青石と黒雲母に含まれると仮定すると、淡緑色系で堇青石86-80%, 黒雲母6%, 暗緑色-黒色系で堇青石71-40%, 黒雲母36-16%が得られ(第1表)、この数字はモード分析値より多分正確と思われる。ACF 図上でも堇青石端に極めて近くプロットされる。また母岩の花崗岩はSタイプ花崗岩の領域に明らかにおちる(第4図)。

顕微鏡下で堇青石は一般に2-10mm, 結晶中心で淡青灰色、縁辺で無色、含有物は少ない。双晶は一般的である。結晶は低温破砕(cataclastic)を受けることが多く、その場合に堇青石は眼玉状に残存する。破砕化が弱い場合には、堇青石は黒雲母と共にレンズ状層~状にみられる。堇青石の化学分析値は第2表に示すが、 $Mg/Fe=2$, $Fe^{2+}/Fe^{3+}=13-24$ で、著しく還元的である。

黒雲母は1-2 mm, 淡褐色を示し、Cerro Negro では珪線石や、まれに緑泥石に交代される。珪線石はつねに針状集合体、堇青石や黒雲母と密接で、まれには石英に包有される。

石英は少量で他形、斜長石も少量であるが、周辺部に向けて一般に増加する。Cerro Negro の北東部ではペグマタイト期のものがみられる。

堇青石岩は1968年頃から発見、稼行され、最初は装飾用壁材としてイタリアに輸出され、その後国内でも用いられた。厚さ3 cmの板材が\$2200/m²の値段であり、最初から高価であった。一般にはピナイト化を受け易い堇



第4図 ACF 図における堇青石岩(黒円), Orcoyana 花崗岩(白円)およびS/Iタイプ花崗岩の領域。

第1表 堇青石岩の全岩分析値 (分析者: C. E. Gordillo)

試料番号	1	2	3	4	5
SiO ₂	50.31	47.06	49.97	47.96	72.11
TiO ₂	0.04	0.47	0.04	1.10	0.23
Al ₂ O ₃	31.53	29.85	31.54	26.86	14.66
Fe ₂ O ₃	0.69	0.98	0.68	1.03	0.47
FeO	6.63	7.86	6.58	8.85	1.64
MnO	0.28	0.30	0.27	0.28	0.05
MgO	7.85	8.12	8.02	7.45	0.58
CaO	0.06	1.12	tr	0.21	0.79
Na ₂ O	0.46	0.34	0.40	0.82	2.96
K ₂ O	0.50	1.27	0.48	2.91	5.42
P ₂ O ₅	0.13	0.94	0.14	0.20	0.32
H ₂ O ⁺	1.44	1.80	1.80	2.12	0.70
H ₂ O ⁻	0.10	0.11	0.14	0.08	0.12
合計	100.02	100.22	100.06	99.87	100.05
比重	2.672	2.740	2.693	2.798	n.d.

ノルム鉱物比 (重量比) () 内はモールド鉱物比 (容量比)

堇青石	80.7 (86)	71.3 (78)	85.9 (90)	39.5 (45)	— (4)
黒雲母	6.1 (6)	15.9 (15)	6.0 (5)	36.3 (38)	— (5)
石英	6.3 (5)	5.5 (4)	4.4 (3)	9.3 (12)	— (32)
珪線石	4.6 (n.d.)	4.4 (n.d.)	2.6 (n.d.)	8.9 (n.d.)	— (n.d.)
斜長石	1.8 (2)	— (—)	1.2 (—)	4.5 (3, An13)	— (8, An20)
磷灰石	0.2 (—)	2.2 (2)	tr	0.5 (—)	— (—)
白雲母	— (1)	— (1)	— (2)	— (2)	— (—)
カリ長石	— (—)	— (—)	— (—)	— (—)	— (51)
合計	99.7(100)	99.3(100)	100.0(100)	99.0(100)	—(100)

1. 堇青石 No. 1896: Tamain 石切場 丘 1, 主採掘場からの淡緑色系, 中粒.
 2. 同 No. 1897: Tamain 石切場 丘 3, 暗緑色系 (黒雲母に富む), 細粒.
 3. 同 No. 1958: Cerro Negro 石切場, 淡色系, 中粒 (“エメラルドグリーン”).
 4. 同 No. 1959: Cerro Negro 採石場, ここの主体である黒色系.
 5. 堇青石-珪線石花崗岩: Tamain 丘 3 採石場北方, Orcoyana 花崗岩と堇青石岩との接触部.
- n.d.: 未測定. tr: 微量.

青石が、ここでは無変質であるために透明度が高く、高級石材としての価値が生じている。特に良質のものは紫青色の内部反射を示し、アメジスタと呼ばれており、非常に貴重である。

成 因

堇青石岩は既述のように、変成岩と花崗岩との接触部に産するから、最も容易に考えられる成因は接触変成作用による生成である。しかしその場合には Al, Mg, Fe

第2表 堇青石と黒雲母の化学分析値 (分析者: C. E. Gordillo)

No.	堇 青 石			黒雲母
	6 (1より 分離)	7 (3より 分離)	8 (4より 分離)	9 (2より 分離)
SiO ₂	48.05	48.55	48.51	35.59
TiO ₂	0.01	0.02	0.00	1.94
Al ₂ O ₃	33.39	33.17	32.90	20.07
Fe ₂ O ₃	0.34	0.60	0.68	1.51
FeO	7.27	7.05	7.65	16.11
MnO	0.30	0.32	0.47	0.11
MgO	8.84	8.53	8.18	11.46
CaO	0.00	0.00	tr	0.00
Na ₂ O	0.26	0.26	0.29	0.53
K ₂ O	0.04	0.03	0.05	7.90
H ₂ O ⁺	1.60	1.60	1.40	3.90
H ₂ O ⁻	0.09	0.10	0.06	0.15
合計	100.19	100.23	100.19	99.27

堇青石の18Oを基準としたイオン数

No.	6	7	8
Si	4.934	4.977	4.983
Al (1)	1.066	1.023	1.017
Al (2)	2.975	2.985	2.966
Ti	—	0.001	—
Fe ³	0.026	0.046	0.052
Fe ²	0.624	0.604	0.657
Mn	0.026	0.028	0.041
Mg	1.353	1.303	1.252
Na	0.052	0.052	0.058
K	0.005	0.003	0.006
Z	6.00	6.00	6.00
[Y] ⁴	3.00	3.03	3.02
[XY] ⁶	2.06	1.99	2.01
$\frac{100\text{Fe}+\text{Mn}}{\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn}}$	32.5	32.7	35.8

堇青石の光学的性質

No.	6	7	8	
α	{ 1.543 1.533	1.543 1.532	1.544 1.532	多色性 Y>Z>X Y=中心部で堇青
β	1.549 1.537	1.549 1.537	1.549 1.538	
γ	n. d.	1.552 1.540	1.553 1.541	
2V _x	n. d.	78° 87°	79° 89°	

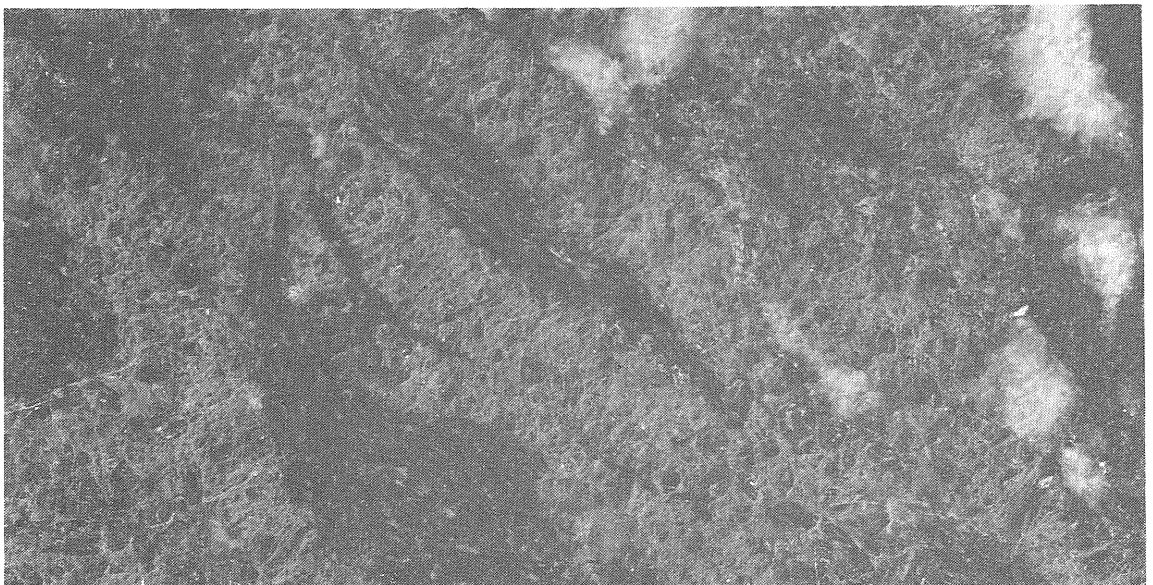


写真1 堇青石岩の研磨片(等倍)。黒色レンズ部が黒雲母に富む所、白色は主に斜長石、その他が堇青石。

に富み、CaOが極端に少ない異常な原岩を想定しなければならない。

Cordillo (1974) は当時花崗岩化論者だったらしく、変成岩に花崗岩から Al, Mg, Fe, Mn が付加し、Si, Ca, Na が逸脱する、いわゆる basic front の形成によって、この堇青石岩が形成されたものと考えた。

しかし堇青石岩には変成岩構造はみられず、粗粒な塊状組織を持ち(写真1)、一種のペグマタイトの様な火成起源であることも充分考えられる。堇青石岩下盤の花崗岩は堇青石をかなり含んでいるSタイプであり、このような特殊なSタイプマグマの分化最末期に生じたメルトから堇青石は固結したものではなからうかと、筆者らは考

えている。

終りに文献を手配された丸紅株式会社勢古口順課長に厚くお礼申し上げる。

文 献

Gordillo, P. C. E. (1974): Las rocas cordieriticas de Arcocoyana y Cerro Negro, Soto (Cordoba), Boletín Asoc. Geol. Cordoba, Tomo II nos. p.3-4, 90-104.

ISHIHARA Shunso and CAPRARELLI Graziella (1991): Cordierite rocks from Soto, Argentine.

<受付: 1991年10月5日>

花崗岩のふるさと：御影



花崗岩は別名みかげ石と呼ばれるが、その名は現在の神戸市灘区の御影町に由来する。しかしここには昔も今も大きな石切場はない。御影の地名がつく阪急御影駅から阪神御影駅付近は平地であり、石は出そうもない。みかげ石は実は住吉川の上流、住吉台から荒神山(315m)付近で採掘されたようである(図参照)。現在でも(株)石久では玉石からピンク花崗岩(本誌441号図録1)が加工されている。

神戸市の灘区付近は六甲花崗岩と呼ばれる黒雲母花崗岩から構成される。これは浅成のチタン鉄鉱系花崗岩で一般にカリ長石が桃黄色に帯色する。この花崗岩は数本以上の東北東系断層群からなる六甲衝上断層により、ずたずたに切られている。この断層は新幹線六甲トンネル掘進を困難なものにしたが、同時に、古くから山地崩落の原因であったらしく、住吉川は阪急神戸線では下をくぐるが、JR山陽線ではレールの上を横切る(図の矢印参照)。

この断層破碎と地殻隆起のために住吉川上流域の花崗岩は、ころびとなってその直下の御影と住吉地区に流出を繰り返していたものと思われる。玉石は加工技術を持たない古代では、家、庭、さらには城の構築に不可欠であって、当地のものは早くから利用されていたのであろう。それが花崗岩の代表的地名として明治時代に登録された原因ではあるまいか。住吉川から流出しながら、何故に御影石か、については、その積出が御影で行われたとの解釈もある(渡辺, 1987, 石屋史の旅, 392p.)が、地形的にみて住吉川の流出砂石は御影一帯に散乱したものと思われる(石原舜三)。