

薩摩塔石材と中国寧波市の下部白亜系方岩組地層との対比

著者	大木 公彦, 古澤 明, 高津 孝, 橋口 亘, 大石 一久, 市村 高男
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要=Reports of the Faculty of Science, Kagoshima University
巻	46
ページ	9-24
別言語のタイトル	A critical comparison of stones of Satsuma stone pagoda and rocks of the lower Cretaceous Fangyan Formation in Ningbo, China
URL	http://hdl.handle.net/10232/00011608

薩摩塔石材と中国寧波市の下部白亜系方岩組地層との対比

A critical comparison of stones of Satsuma stone pagoda and rocks of the lower Cretaceous Fangyan Formation in Ningbo, China

大木公彦¹⁾・古澤 明²⁾・高津 孝³⁾・橋口 亘⁴⁾・大石一久⁵⁾・市村高男⁶⁾

ŌKI Kimihiko¹⁾, FURUSAWA Akira²⁾, TAKATSU Takashi³⁾, HASHIGUCHI Wataru⁴⁾,
OISHI Kazuhisa⁵⁾ and ICHIMURA Takao⁶⁾

Abstract: More than thirty-five Satsuma stone pagodas are known in the northwestern and southern parts of Kyushu. It was reported recently that Satsuma stone pagodas were made of massive tuff “Meiyuanshi-stone” of the Cretaceous Fangyan Formation distributed in the Ningbo area, China. Meiyuanshi-stone tuff is characterized by light reddish purple color and having the principal phenocrysts of quartz and albite. Rock samples were collected from the two Satsuma stone pagodas and a Sou-fu Shishi (Chinese stone statue of lion), which are preserved in Hirado City, Nagasaki, Umi town, Fukuoka and Minami-kyushu City, Kagoshima. Minerals of them were identified by X-ray diffractometer and chemical composition of feldspar was obtained by an energy dispersive X-ray micro-analyzer. These analytical data suggest that lithologic characters of all samples are almost same each other and the data are in agreement with one of Meiyuanshi-stone. Two Xiaoxishi-stone were also collected from a quarry at Ningbo, China and minerals of them were also identified by the same analyses. These analytical data are also in agreement with one of Meiyuanshi-stone, but Xiaoxishi-stone differs from Meiyuanshi-stone in having lamina generally.

Keywords: Satsuma stone pagoda, mineral composition, Meiyuanshi-stone, Ningbo

まえがき

筆者等は、高津・橋口（2008）の薩摩塔に関する報告以後に鹿児島県、長崎県、佐賀県、福岡県に存在する薩摩塔について調査研究を継続し、それらの結果について大木ほか（2009）、高津ほか（2010a）、大木ほか（2010）、高津（2011）、橋口ほか（2011）、高津ほか（2012）、橋口・松田（2013）、橋口（2013a）、橋口（2013b）の一連の論文で報告してきた。その中で大木ほか（2009）、大木ほか（2010）は南さつま市坊津輝津館所蔵の薩摩塔、長崎県大村市立福寺町の龍福寺跡の薩摩塔と浙江省産石材の梅園石について岩石学的手法を用いて比較し、両者の岩石学的特徴が同じであることを報告した。

今回、長崎県平戸市野子町宮ノ浦の沖津宮薩摩塔と福岡県糟屋郡宇美町の岡部宅に保存されていた薩摩塔および鹿児島県南九州市川辺町清水の水元神社にある薩摩塔の足元から発見された宋風獅子について試料の提供を受け、分析することができた。また、中華人民共和国寧波市鄞州区鄞江鎮近くの石切場を訪れ、

-
- 1) 鹿児島大学名誉教授（鹿児島大学総合研究博物館学外協力研究者） 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-30
The Kagoshima University Museum, Korimoto 1-21-30, Kagoshima 890-0065
 - 2) 株古澤地質調査事務所 〒444-0840 愛知県岡崎市戸崎町屋敷 93-7
FURUSAWA Geological Survey Inc., Yashiki 93-7, Tosaki-cho, Okazaki, Aichi 444-0840
 - 3) 鹿児島大学法学部人文学科 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-30
Kagoshima University, Faculty of Law, Economics and Humanities, Department of Humanities, Korimoto 1-21-30, Kagoshima 890-0065
 - 4) 南さつま市坊津歴史資料センター輝津館 〒898-0101 南さつま市坊津町坊9424-1
The Bonotsu History Museum “Kishinkan”, Bou 9424-1, Bonotsu, Minami-Satsuma 898-0101
 - 5) 長崎歴史文化博物館 〒850-0007 長崎市立山1-1-1
Nagasaki Museum of History and Culture, Tateyama 1-1-1, Nagasaki 850-0007
 - 6) 高知大学教育研究部総合科学系 〒780-8520 高知市曙町2-5-1
Kochi University, Research and Education Faculty, Multidisciplinary Science Cluster, Akebono-cho 2-5-1, Kochi 780-8520

小溪石の岩石を採集して持ち帰り、分析することができた。本論文ではこれらの結果を報告し、大木ほか(2010)、高津ほか(2010b)、高津ほか(2013)が行った碇石の石材とも比較し考察する。

謝辞：平戸市教育委員会、おかべ小児科クリニック岡部康文院長ご夫妻、南九州市川辺町清水の藤田房成氏には試料の分析許可をいただいた。寧波市鄞州区鄞江鎮它山堰管理事務所所長の陳 思光氏には石切場および石造物の試料採取にご協力をいただいた。鹿児島県埋蔵文化財センターの東 和幸氏には水元神社の宋風獅子石像の聞き取り調査でお世話になった。また、鹿児島大学フロンティアサイエンス研究推進センター機器分析施設の根建心具氏、大園義久氏には分析および解析についてご支援をいただいた。これらの方々には心より感謝し、お礼を申し上げる。

試料と分析方法

今回、提供していただいた試料および採取した試料は、下記に示した薩摩塔2点、宋風獅子1点、小溪石(假の梅園石)の半成品石刻1点、石切場露頭から採取した小溪石1点の計5点である。小溪石は、大木ほか(2009)、高津ほか(2010b)の光溪石に同じである。

試料9-3a-1 沖津宮薩摩塔(長崎県平戸市野子町宮ノ浦)

試料9-3a-2 宇美町薩摩塔(福岡県糟屋郡宇美町)

試料9-3a-3 水元神社宋風獅子石像(鹿児島県南九州市川辺)

試料9-3a-4 小溪石半成品石刻(寧波市鄞州区鄞江鎮光溪村毛家自然村)

試料9-3a-5 小溪石石切場湖成層(寧波市鄞州区鄞江鎮上化山南宕北宕)

試料の量が少ないために、今回は下記の分析のみを行った。

試料の一部を粉碎し、砂サイズ粒子として偏光顕微鏡観察を行った。この試料を用いてエネルギー分散型 X 線分析装置(EDX)による主成分化学組成分析用の薄片を作成し、微小な斑晶の主成分化学組成を分析した。主成分化学組成は、エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー(EDX)を用いて分析した。使用した機材は日立 S3000H および堀場製作所 EMAX ENERGY EX-250 である。測定条件は、加速電圧を 15kV、試料電流を 0.3nA、ビーム径約 150nm で 4 μ m 四方を走査させ、ライブタイムを 150 秒として、基本的に ZAF 法にて主成分組成の補正計算を行った。スタンダードには高純度人工酸化物結晶(純度 99.99% 以上の SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, MnO, MgO)、高純度天然酸化物結晶(純度 99.99% 以上の石英, Fe₂O₃)、純度 99.99% 以上の人工単結晶 NaCl, KCl, CaF₂ を用いた。このスタンダードについて、アメリカ標準局 NIST620 ガラスを測定し、公称値との比較により 0.2% 程度以上の差が生じているか検討した。また、ASTIMEX, Taylor などのいわゆる EPMA 用標準物質などでもその精度を検討した。ワーキングスタンダードには NIST620 ガラスを用い、測定時毎に値を検討した。分析結果は揮発成分を除いて 100% に換算した。なお、鉄は全鉄を FeO として表記した(古澤 担当)。

残った試料を粉末にして鹿児島大学フロンティアサイエンス研究推進センター機器分析施設の高速 X 線回折装置(X-ray diffractometer; PANalytical X'Pert Pro MPD)を使用して試料の結晶構造を調べた(大木担当)。

薩摩塔・宋風獅子像と試料分析結果

1) 分析を行った薩摩塔と宋風獅子石像について

a) 長崎県平戸市野子町宮ノ浦の沖津宮薩摩塔

2012年1月22日に、科学研究費補助金(研究代表:高知大学教育研究部総合科学系黒潮圏科学部門 教授市村高男)による「研究会と石造物調査」で長崎県平戸市野子町宮ノ浦にある沖津宮薩摩塔を訪れた(大木,高津,橋口,大石,市村)。その際、薩摩塔の足元に落ちていた長径3cmほどの板状の岩石片を平戸市教育委員会の許可を得て持ち帰り分析を行った。現地におけるルーペ肉眼鑑定では薩摩塔の破片と推定された。

b) 福岡県糟屋郡宇美町の薩摩塔

2011年7月3日に福岡県糟屋郡宇美町の岡部宅を訪問し、庭の奥に保存されていた薩摩塔（図1）を調査した（大木，高津，橋口）。岡部氏に許可を得て，薩摩塔の下面（図2）から1.2×0.8 cmほど，厚さ2 mmほどの試料を採取した。



図1. 福岡県糟屋郡宇美町の薩摩塔.



図2. 宇美町薩摩塔下面の採取前の状態（刻み込んだ内側を採取）.

c) 鹿児島県南九州市川辺町清水の水元神社の宋風獅子石像

2011年4月7日に，著者の一人である大木が地質巡検下見のため鹿児島県南九州市川辺町清水の水元神社を訪れた。その際に指導学生が薩摩塔の足元に転がっていた宋風獅子の石像（図3）を見つけ，水元神社を管理する藤田房成氏に試料採取の許可を得て持ち帰り分析を行った。試料は左臀部の欠損部分から長径2 cmほど，厚さ2 mmほどを採取した（図4）。

水元神社の薩摩塔はこの年の冬に背後の崖が崩れて現在の位置に移設されたが，移設前の2009年に実施した薩摩塔の調査の際には宋風獅子の石像は確認されていない。移設に携わった藤田房成氏と知覧町塩屋の「グリーンサービス中渡瀬」の社員3名はまったく気づかなかったとの証言を得ている。



図3. 水元神社薩摩塔の宋風獅子石像（レンズキャップの横幅5.4 cm）.



図4. 試料採取後の宋風獅子石像（左中央の白い部分）.

2) 高速 X 線回折装置による分析

ここでは沖津宮薩摩塔，水元神社宋風獅子石像に，坊津薩摩塔（大木ほか，2009）を加えた X 線回折パターンを図5に，宇美町薩摩塔の X 線回折パターンを図6に，さらに今回分析したすべての試料の X

線回折パターンを図7に示す。

X線回折装置を用いた分析結果から、2つの薩摩塔と宋風獅子像のおもな構成鉱物は石英・曹長石で特徴づけられ、3者のX線回折パターンは極めて良く一致する。また、その他の鉱物では正長石・白雲母がすべての試料から検出され、沖津宮薩摩塔からバーミキュライト・ゼオライト、宇美町薩摩塔から亜灰長石、水元神社宋風獅子からゼオライト・亜灰長石が検出された。

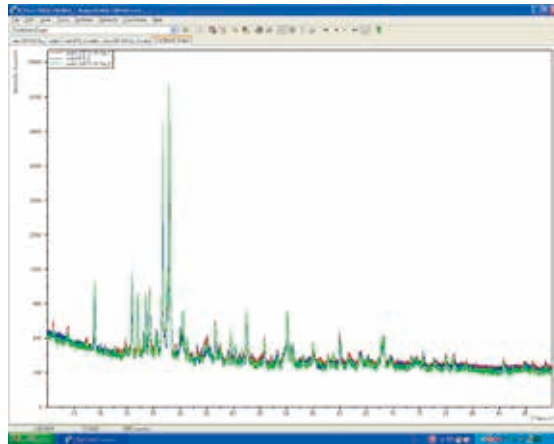


図5. 高速X線回折装置による沖津宮薩摩塔(9-3a-1:赤)・輝津館薩摩塔(415-2:青)・水元神社宋風獅子石像(9-3a-3:緑)のX線回折パターン。

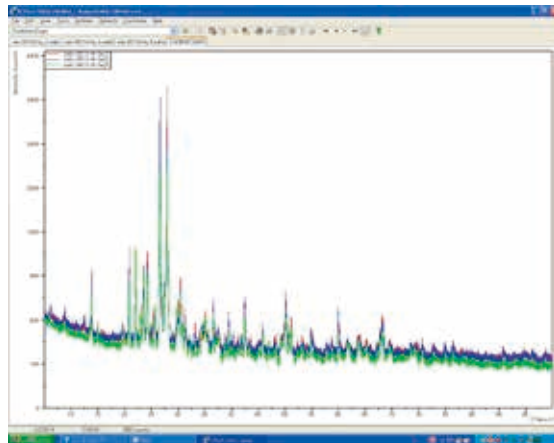


図6. 高速X線回折装置による宇美町薩摩塔(9-3a-2:赤)・小溪石半成品石刻(9-3a-4:青)・小溪石採石場湖成層(9-3a-5:緑)のX線回折パターン。

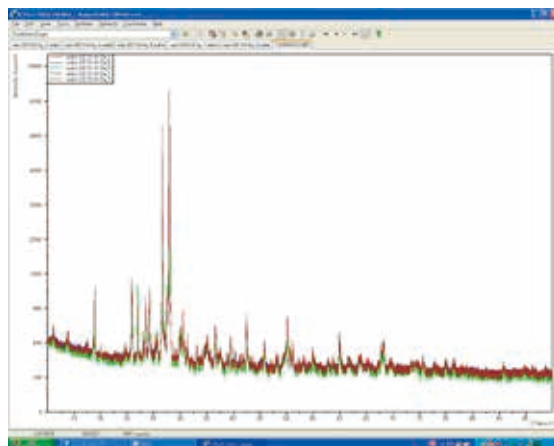


図7. 高速X線回折装置による沖津宮薩摩塔(9-3a-1:黄)・宇美町薩摩塔(9-3a-2:赤)・水元神社宋風獅子石像(9-3a-3:茶)・小溪石半成品石刻(9-3a-4:青)・小溪石採石場湖成層(9-3a-5:緑)のX線回折パターン。

3) 微斑晶の主成分化学組成

沖津宮薩摩塔，宇美町薩摩塔，水元神社宋風獅子石像の試料から無作為に選んだ15ポイントの微斑晶の主成分化学組成をエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) で求めた。それらの分析値と長石類 EDX- カチオン値を表 1～3 に，長石の化学組成を図 8 に示す。

薩摩塔と宋風獅子石像の化学分析値は極めて似た値を示し，長石類の EDX- カチオン値からも沖津宮薩摩塔 (図 8 では平戸海)，宇美町薩摩塔 (図 8 では福岡医院)，水元神社宋風獅子石像 (図 8 では水元神社) の微斑晶のほとんどが三角ダイアグラムの曹長石にプロットされる。とくに宇美町薩摩塔は10ポイントの微斑晶すべてが曹長石である。沖津宮薩摩塔の 2 ポイント，水元神社宋風獅子石像の 1 ポイントはサニディンの領域にプロットされる。

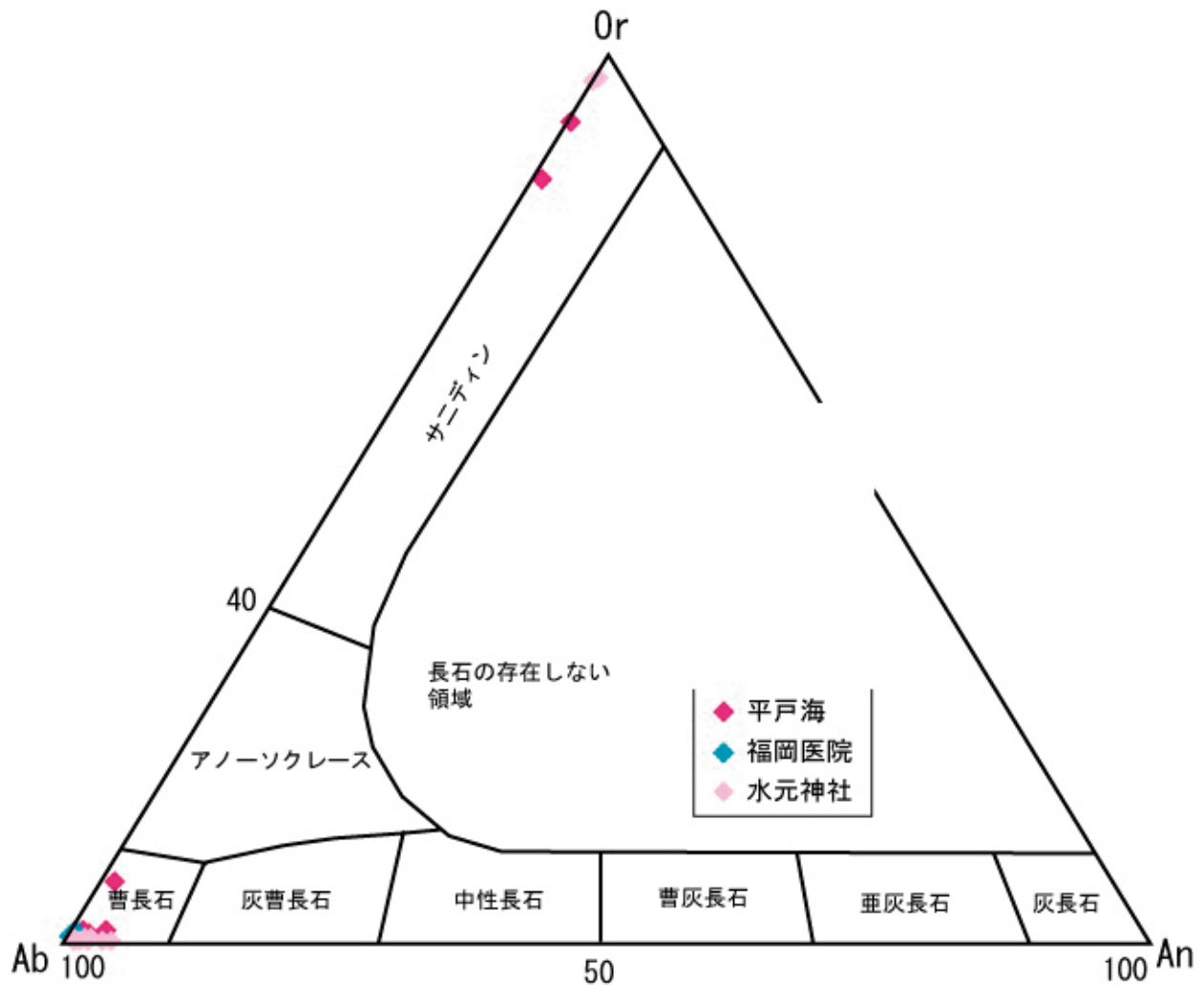


図 8. 長石の化学組成と分類 (黒田・諏訪, 1968 の図 4. 9 (A) を引用改変; 平戸海: 沖津宮薩摩塔; 福岡医院: 宇美町薩摩塔; 水元神社: 宋風獅子石像).

表 1. 沖津宮薩摩塔の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

	平戸海									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	67.88	67.19	67.52	66.21	64.29	68.82	69.17	69.03	68.64	64.76
TiO ₂	0.00	0.07	0.00	0.06	0.14	0.06	0.06	0.07	0.00	0.24
Al ₂ O ₃	19.54	19.79	19.29	20.95	18.34	19.90	19.72	20.11	20.05	18.39
FeO	0.13	0.00	0.04	0.40	0.09	0.31	0.18	0.12	0.20	0.26
MnO	0.06	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.30	0.70	0.26	0.29	0.07	0.09	0.25	0.28	0.41	0.18
Na ₂ O	11.06	11.01	11.09	10.15	0.79	11.74	11.31	11.44	11.48	1.48
K ₂ O	0.15	0.23	0.23	1.13	16.07	0.13	0.10	0.17	0.16	14.94
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.12	99.09	98.43	99.37	99.79	101.05	100.80	101.27	101.04	100.25
O=8.000										
Si	2.99	2.97	2.99	2.93	2.98	2.98	3.00	2.98	2.97	2.98
Al	1.01	1.03	1.01	1.09	1.00	1.02	1.01	1.02	1.02	1.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
Na	0.94	0.94	0.95	0.87	0.07	0.99	0.95	0.96	0.96	0.13
K	0.01	0.01	0.01	0.06	0.95	0.01	0.01	0.01	0.01	0.88
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca-Na-K	0.97	0.99	0.98	0.95	1.03	1.00	0.97	0.98	0.99	1.02
An	1.46	3.35	1.26	1.45	0.34	0.42	1.20	1.32	1.92	0.87
Ab	97.66	95.34	97.41	91.82	6.93	98.86	98.23	97.72	97.19	12.97
Or	0.87	1.31	1.33	6.73	92.73	0.72	0.57	0.96	0.89	86.16
SiO ₂	1.13	1.12	1.12	1.10	1.07	1.15	1.15	1.15	1.14	1.08
AlO _{3/2}	0.38	0.39	0.38	0.41	0.36	0.39	0.39	0.39	0.39	0.36
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
NaO _{1/2}	0.36	0.36	0.36	0.33	0.03	0.38	0.36	0.37	0.37	0.05
KO _{1/2}	0.00	0.00	0.00	0.02	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
CrO _{3/2}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.38	0.38	0.39	0.38	0.36

表2. 宇美町薩摩塔の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

福岡医院										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	68.73	69.39	69.96	68.52	68.74	68.47	69.71	70.12	68.94	67.86
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.05	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	19.55	19.89	19.74	19.48	19.50	19.39	19.91	19.91	19.63	19.14
FeO	0.25	0.00	0.16	0.13	0.27	0.34	0.08	0.14	0.14	0.14
MnO	0.05	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01
MgO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.05	0.15	0.14	0.14	0.14	0.07	0.08	0.15	0.05	0.05
Na ₂ O	11.27	11.48	11.68	11.51	11.45	11.44	11.76	11.51	11.50	11.26
K ₂ O	0.06	0.15	0.10	0.02	0.10	0.13	0.11	0.10	0.08	0.06
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.96	101.09	101.82	99.90	100.30	99.84	101.65	101.96	100.34	98.52
O=8.000										
Si	3.00	2.99	3.00	2.99	2.99	3.00	2.99	3.00	3.00	3.00
Al	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na	0.95	0.96	0.97	0.98	0.97	0.97	0.98	0.95	0.97	0.97
K	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca-Na-K	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.97	0.98	0.97
An	0.24	0.71	0.65	0.67	0.67	0.33	0.37	0.71	0.24	0.24
Ab	99.41	98.44	98.79	99.22	98.77	98.93	99.02	98.72	99.31	99.41
Or	0.35	0.85	0.56	0.11	0.57	0.74	0.61	0.56	0.45	0.35
SiO ₂	1.14	1.15	1.16	1.14	1.14	1.14	1.16	1.17	1.15	1.13
AlO ₃ /2	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.38
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NaO ₁ /2	0.36	0.37	0.38	0.37	0.37	0.37	0.38	0.37	0.37	0.36
KO ₁ /2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CrO ₃ /2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38

表3. 水元神社宋風獅子石像の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

水元神社										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	65.57	68.63	69.22	70.41	69.05	68.99	67.76	68.22	67.99	64.09
TiO ₂	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
Al ₂ O ₃	18.18	20.65	19.93	19.57	19.78	20.62	19.81	19.61	19.68	18.10
FeO	0.03	0.09	0.02	0.04	0.07	0.03	0.00	0.13	0.39	0.01
MnO	0.00	0.07	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.10	0.08	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.06	0.87	0.35	0.12	0.19	0.75	0.47	0.45	0.26	0.00
Na ₂ O	0.26	11.28	11.58	11.45	11.64	11.24	11.33	11.38	11.54	0.32
K ₂ O	17.23	0.01	0.05	0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	16.75
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	101.35	101.60	101.16	101.69	100.82	101.63	99.41	99.89	99.95	99.56
O=8.000										
Si	3.00	2.96	2.99	3.02	2.99	2.96	2.98	2.99	2.98	2.99
Al	0.98	1.05	1.01	0.99	1.01	1.04	1.03	1.01	1.02	0.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.04	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00
Na	0.02	0.94	0.97	0.95	0.98	0.94	0.97	0.97	0.98	0.03
K	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca-Na-K	1.03	0.98	0.99	0.96	0.99	0.97	0.99	0.99	0.99	1.03
An	0.29	4.09	1.64	0.57	0.89	3.56	2.24	2.14	1.23	0.00
Ab	2.24	95.86	98.08	98.97	99.11	96.44	97.54	97.86	98.71	2.82
Or	97.48	0.06	0.28	0.45	0.00	0.00	0.23	0.00	0.06	97.18
SiO ₂	1.09	1.14	1.15	1.17	1.15	1.15	1.13	1.14	1.13	1.07
AlO _{3/2}	0.36	0.41	0.39	0.38	0.39	0.40	0.39	0.38	0.39	0.36
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
NaO _{1/2}	0.01	0.36	0.37	0.37	0.38	0.36	0.37	0.37	0.37	0.01
KO _{1/2}	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36
CrO _{3/2}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.36	0.39	0.39	0.39	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.36

寧波市鄞州区鄞江鎮の小渓石石切場の地質

寧波市鄞州区鄞江鎮の地形図が手に入らなかったため、中国のBaidu地図に小溪石の採取地点を示す(図9a)。採石場の海拔高度は、鹿児島大学法文学部に所蔵されている科学書院「中国大陸五万分の一地図集成：第6巻」に掲載されている1万5千分の1地形図を使用した(図9b)。半成品石刻(試料9-3a-4)を採取した光溪村の石切場(A)は海拔高度約80 m、そこより西に約1 km離れた湖成層(試料9-3a-5)を採取した上化山南宕北宕の石切場(B)は海拔高度約100 mにあり、ここでは層厚が40 m以上にも達する。図9aには寧波市鄞州区梅錫村華興塘の梅園石の石切場(C)も示した。梅園石の石切場は、小溪村および上化山南宕北宕の石切場より北北東へ約5 kmの位置にある。

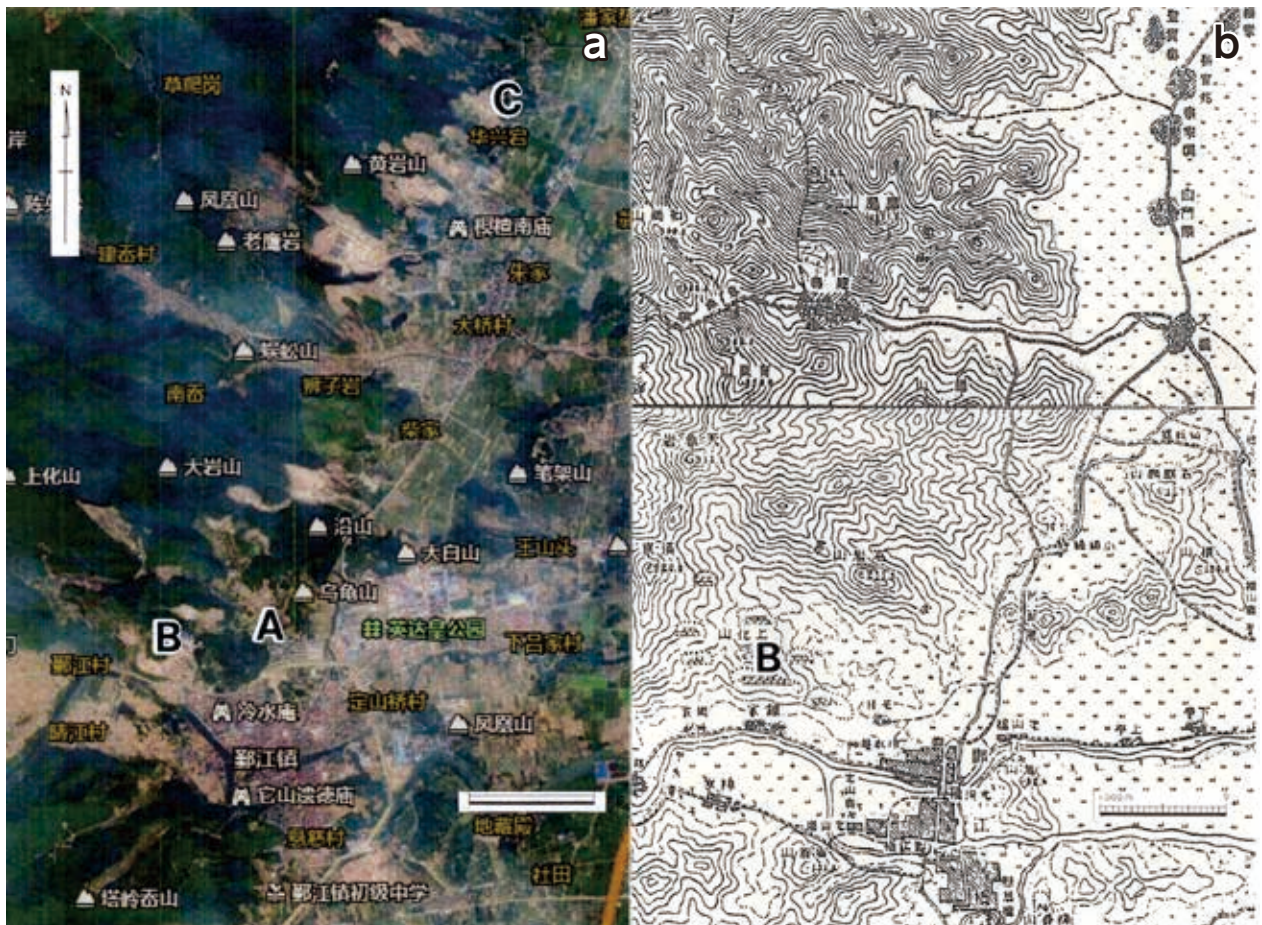


図9a. 寧波市鄞州区の小渓石(A, B), 梅園石(C)の採石場の位置(スケールは1公里).

図9b. 寧波市鄞州区の小渓石, 梅園石の採石場周辺の地形(科学書院「中国大陸五万分の一地図集成：第6巻」に掲載されている1万5千分の1地形図に加筆; スケールは1 km).

梅園石や小溪石の石切場がある鄞州区の山地とその東側に広がる平野部との境界は北北東から南南西でほぼ直線をなす。石切場のある山地東半部には白亜系下部の湖成層である方岩組地層(K1f)が広く分布している(寧波市地方志編纂委員会編, 1995; 高津ほか, 2010b)。現地で調査した結果、地層の走向はほぼNSで8°東へ傾斜している。上化山南宕北宕の石切場(B)では層厚が40 mにも達するが、地層の傾斜から計測すると光溪村の石切場(A)の地層は前者の層準より60 mほど上位の層準になり、両者の間に断層がないとすると、全層厚は約100 mになる。

ちなみに梅園石の石切場は走向傾斜から考えるとさらに上位の層準になる。しかし、両石切場のほぼ中間に西北西—東南東方向の直線的な谷があり、断層の可能性もあることから小溪石の石切場と梅園石の石切場の層準の上下関係は不明である。

光溪村の石切場に露出する方岩組地層 (K1f) は比較的塊状の砂岩も挟在するが、全体的には上化山南宕北宕の石切場の地層と同様に層理が発達する赤味を帯びた明褐色の砂岩からなる (図10)。

上化山南宕北宕の石切場に露出する方岩組地層 (K1f) は、赤味を帯びた明褐色の砂岩からなるが、細粒な泥質砂岩～砂質泥岩の層理が発達する (図11, 12)。層理面にはマッドクラック (図13)、漣痕、生痕化石、蒸発岩が認められた。



図10. 光溪村の採石場に露出する方岩組地層 (K1f)。



図11. 上化山南宕北宕の採石場に露出する方岩組地層 (K1f)。



図12. 上化山南宕北宕の採石場に露出する方岩組地層 (K1f)。

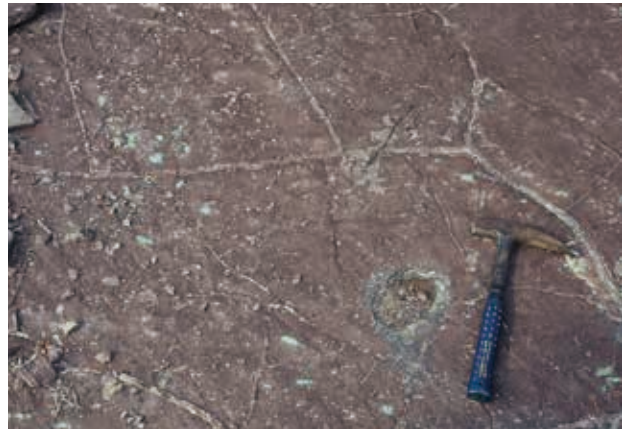


図13. 方岩組地層 (K1f) の層理面に見られるマッドクラック。

1) 小溪石半成品石刻・小溪石採石場湖成層の試料

小溪石半成品石刻 (試料9-3a-4) は、光溪村の石切場で塊状砂岩に彫られた3つの石像 (高津ほか, 2012) の破片を寧波市鄞州区鄞江鎮它山堰管理事務所所長の陳 思光氏よりいただいたものである。3つの石像は彫っていた段階で割れ目が入り、未完成のまま放置されたもので、現地では假的梅園石と呼ばれている (陳 思光氏による)。

小溪石石切場湖成層 (試料9-3a-5) は、上化山南宕北宕の石切場内に露出する、赤味を帯びた明褐色の砂岩を採取したものである。

2) 高速 X 線回折装置による分析

X 線回折装置を用いた分析結果から、小溪石半成品石刻と小溪石石切場湖成層の2つの試料とも石英・曹長石で特徴づけられ、両者の X 線回折パターンは極めて良く一致する (図6, 7)。また、その他の鉱物では正長石・白雲母・亜灰長石が両者の試料から検出され、小溪石半成品石刻からクリノクロア、小溪石石切場湖成層から方ソーダ石・パーミキュライトが検出された。

3) 微斑晶の主成分化学組成

小溪石半成品石刻と小溪石石切場湖成層の試料から無作為に選んだ15ポイントの微斑晶の主成分化学組成をエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) で求めた。それらの分析値と長石類 EDX-カチオン値を表

4～5に、長石の化学組成を図14、15に示す。

小溪石半成品石刻と小溪石石切場湖成層の化学分析値は極めて似た値を示し、長石類のEDX-カチオン値からも、小溪石半成品石刻（図14では毛家村）と小溪石石切場湖成層（図15では碎石場）の15ポイントの微斑晶の中で1ポイントが三角ダイアグラムのサニディンの領域にプロットされる以外は、すべてが曹長石である。

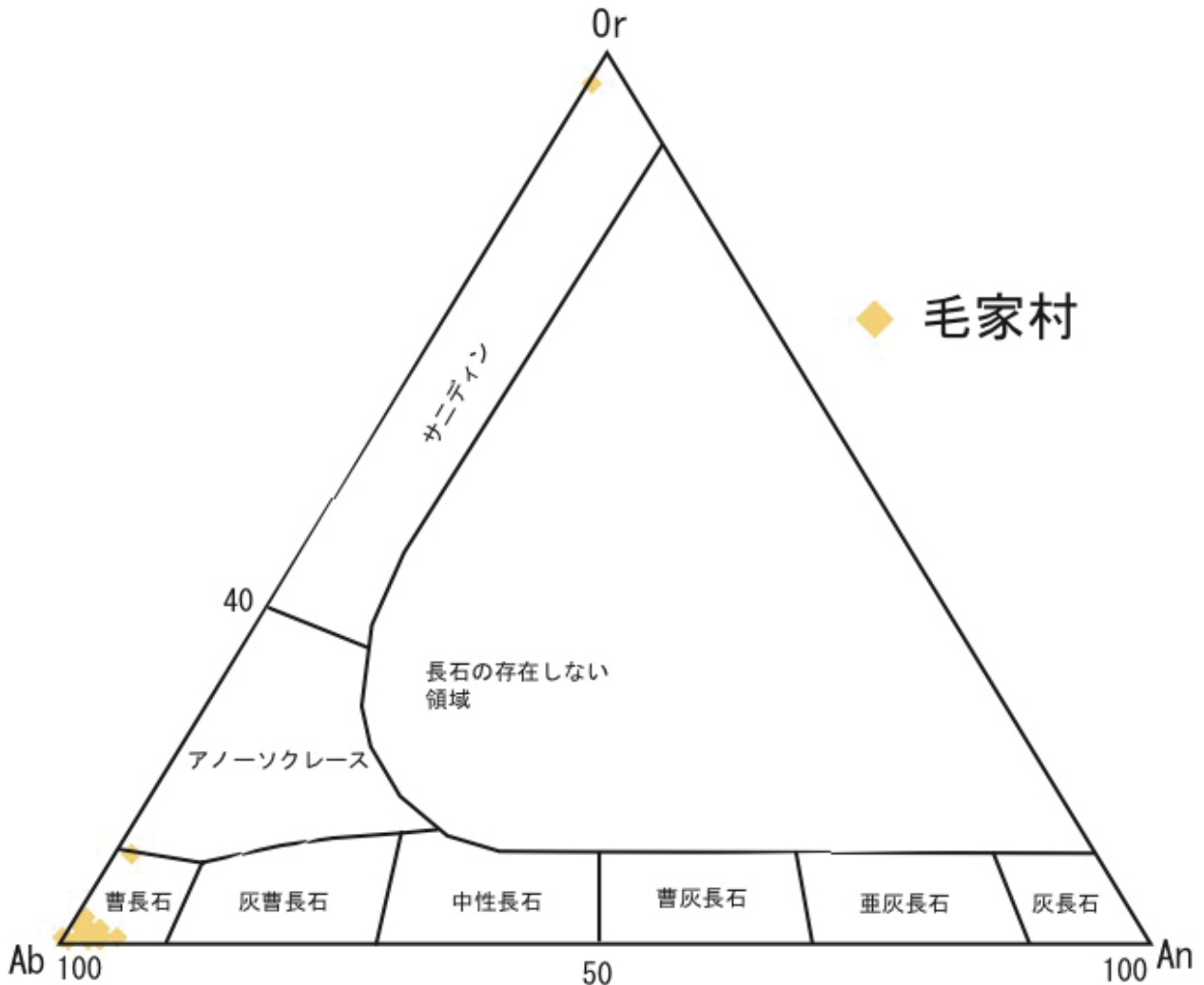


図14. 小溪石半成品石刻試料の長石の化学組成と分類（黒田・諏訪，1968の図4.9（A）を引用改変；図中では毛家村）。

考察

1) 薩摩塔・宋風獅子像の石材

今回行った沖津宮薩摩塔，宇美町薩摩塔，水元神社宋風獅子石像のX線回折装置を用いた分析から、おもな構成鉱物は石英・曹長石で特徴づけられ、3者のX線回折パターンは極めて良く一致する（図7）。また、その他の鉱物では正長石・白雲母が共通して認められる。さらにエネルギー分散型X線分析装置（EDX）で求めた分析値も酷似し、3者の長石類の組成は10ポイントの微斑晶のほとんどが三角ダイアグラムの曹長石にプロットされ、沖津宮薩摩塔，水元神社宋風獅子石像の試料は1～2ポイントがサニディンの領域にプロットされた（図8）。これらの分析データから、沖津宮薩摩塔，宇美町薩摩塔，水元神社宋風獅子石像の石材が同じ地層から採取されたと考えられる。

大木ほか（2009，2010）は高速X線回折装置を用いて、坊津歴史資料センター輝津館の薩摩塔，大村

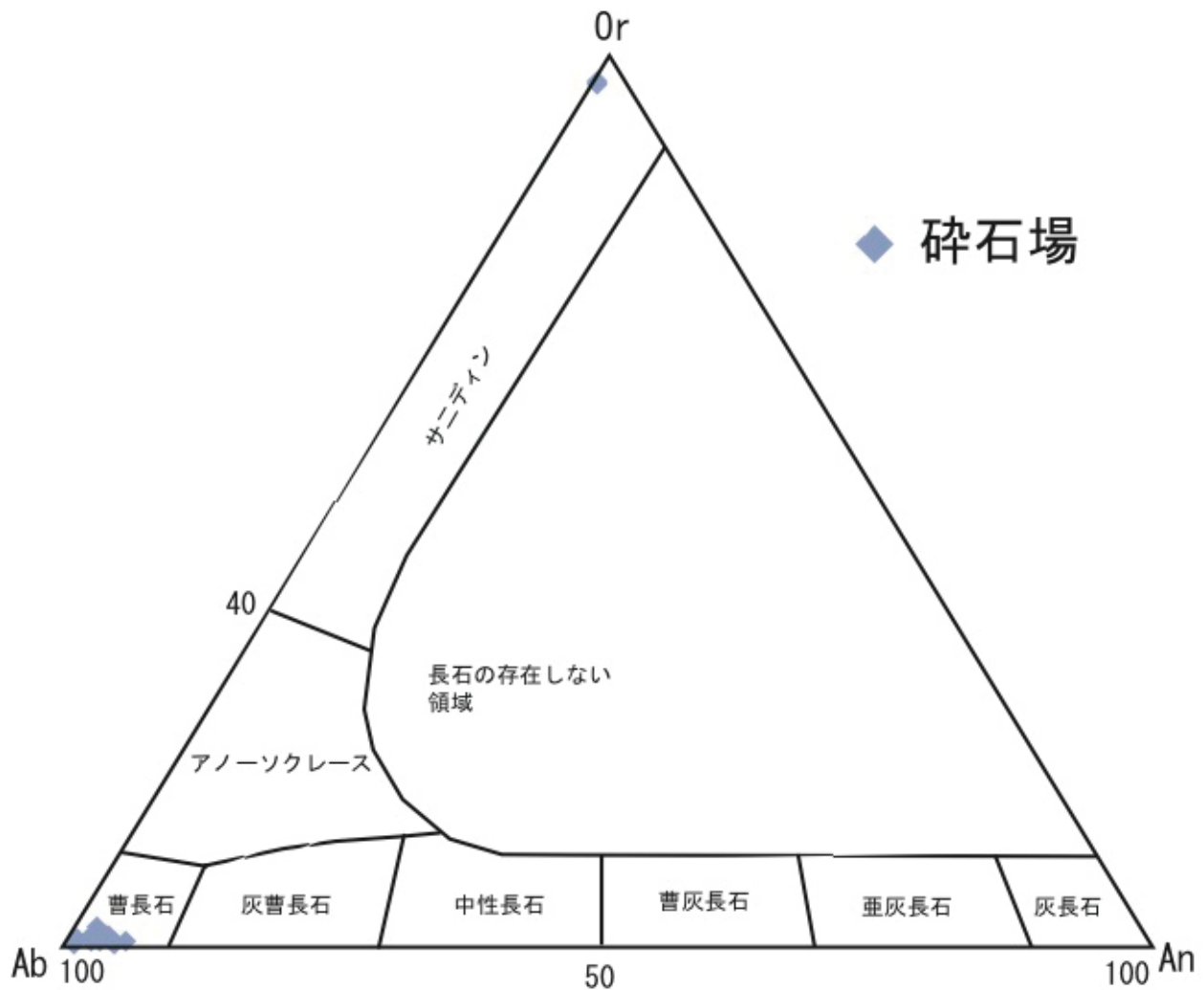


図15. 小溪石採石場湖成層試料の長石の化学組成と分類（黒田・諏訪，1968の図4.9（A）を引用改変；図中では採石場）。

市龍福寺跡の薩摩塔、寧波市鄞州区梅錫村華興塘の梅園石について報告している。図5で沖津宮薩摩塔・水元神社宋風獅子像と輝津館薩摩塔（大木ほか，2009）のX線回折パターンを比較したが、3者は極めて良く一致する。大木ほか（2009，2010）の報告では、X線回折パターンのピークの解析の精度が低かったために、微量に含まれる鉱物を特定していない。今回、精度を上げて解析した結果、おもな構成鉱物である石英・曹長石の他に正長石・白雲母が共通して認められた。また、その他の鉱物として大村薩摩塔には微斜長石、方ソーダ石、透輝石が、梅園石にはクリノクロア・灰長石が含まれていた。今回分析を行った沖津宮薩摩塔・宇美町薩摩塔・水元神社宋風獅子石像と輝津館薩摩塔・華興塘の梅園石は、主要鉱物だけでなく随伴する微量な鉱物も類似していることが明らかになった。石材の岩石学的特徴や分析結果から、これまでに分析した4つの薩摩塔、1つの宋風獅子石像の石材は、寧波市鄞州区梅錫村華興塘地域の石切場から切り出された梅園石にほぼ間違いはないと考えられる。

2) 中国寧波市の小溪石と梅園石

今回行った小溪石半成品石刻と小溪石石切場湖成層の試料のX線回折装置を用いた分析から、おもな構成鉱物は石英・曹長石で特徴づけられ、両者のX線回折パターンは極めて良く一致する（図7）。また、その他の鉱物では正長石・白雲母・亜灰長石が共通して認められる。さらにエネルギー分散型X線分析装置（EDX）で求めた分析値も酷似し、両者の長石類の組成は15ポイントの微斑晶の内14ポイントが三角ダイアグラムの曹長石にプロットされ、1ポイントがサニディンの領域にプロットされた（図14，15）。

表5. 小渓石採石場湖成層試料の化学分析値と長石類EDX-カチオン値.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	66.58	67.51	66.64	67.98	63.86	68.30	64.87	67.01	66.74	69.60	66.91	67.58	66.63	67.76	66.84
TiO ₂	0.08	0.11	0.13	0.00	0.17	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Al ₂ O ₃	19.65	20.34	20.26	21.00	18.16	20.29	17.34	19.49	19.95	17.76	20.27	19.88	19.73	19.11	19.85
FeO	0.07	0.07	0.07	0.18	0.00	0.12	0.12	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.11	0.22	0.15
MnO	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.05	0.00
MgO	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.96	0.90	0.95	1.25	0.06	0.53	0.10	0.23	0.71	0.67	0.77	0.46	0.65	0.20	0.43
Na ₂ O	10.83	11.39	11.10	11.32	0.27	11.66	0.26	11.68	11.12	10.31	11.09	11.41	11.22	11.45	11.07
K ₂ O	0.02	0.08	0.04	0.06	16.83	0.03	16.26	0.02	0.03	0.18	0.18	0.10	0.13	0.13	0.37
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.19	100.40	99.23	101.88	99.36	100.95	99.04	98.46	98.55	98.61	99.30	99.50	98.47	98.92	98.77
O=8,000															
Si	2.97	2.95	2.94	2.93	2.98	2.96	3.03	2.98	2.96	3.07	2.95	2.97	2.96	3.00	2.96
Al	1.03	1.05	1.05	1.07	1.00	1.04	0.95	1.02	1.04	0.92	1.05	1.03	1.03	1.00	1.04
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.05	0.04	0.04	0.06	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02
Na	0.94	0.96	0.95	0.95	0.02	0.98	0.02	1.01	0.96	0.88	0.95	0.97	0.97	0.98	0.95
K	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca-Na-K	0.98	1.01	1.00	1.01	1.03	1.01	1.00	1.02	0.99	0.92	0.99	1.00	1.01	1.00	0.99
An	4.66	4.17	4.51	5.73	0.29	2.45	0.50	1.08	3.40	3.43	3.66	2.17	3.08	0.95	2.06
Ab	95.22	95.39	95.27	93.94	2.37	97.39	2.36	98.81	96.43	95.47	95.32	97.27	96.19	98.32	95.84
Or	0.12	0.44	0.23	0.33	97.34	0.16	97.14	0.11	0.17	1.10	1.02	0.56	0.73	0.73	2.11
SiO ₂	1.11	1.12	1.11	1.13	1.06	1.14	1.08	1.12	1.11	1.16	1.11	1.12	1.11	1.13	1.11
AlO ₃ /2	0.39	0.40	0.40	0.41	0.36	0.40	0.34	0.38	0.39	0.35	0.40	0.39	0.39	0.37	0.39
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
NaO ₁ /2	0.35	0.37	0.36	0.37	0.01	0.38	0.01	0.38	0.36	0.33	0.36	0.37	0.36	0.37	0.36
KO ₁ /2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
CrO ₃ /2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.37	0.38	0.38	0.39	0.36	0.38	0.36	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.38	0.38

砕石場

分析結果はまったく薩摩塔・宋風獅子像・梅園石と区別ができず、石材から小溪石と梅園石の判別は不可能と言って良い。大木ほか(2010)は、小溪石石切場の試料について偏光顕微鏡による薄片観察、X線回折装置やエネルギー分散型X線分析装置を用いた分析を行っているが、この岩石試料が石英・曹長石・正長石から構成され、化学組成もほぼ同じであることを報告している。小溪石半成品石刻の残された石切場と小溪石石切場の地層は白亜系下部の湖成層である方岩組地層(K1f)に含まれ(寧波市地方志編纂委員会編, 1995), 層理が発達する赤味を帯びた明褐色の砂岩からなる(図10, 11, 12)。現地の石切場の調査から、小溪石石切場の地層は明らかに塊状無層理の梅園石と異なるが、一部に梅園石に似た塊状砂岩を挟むことから、X線回折装置やエネルギー分散型X線分析装置を用いた分析では区別できない可能性もあり、層理・葉理の有無等で両者を識別することが重要である。高津ほか(2012)が指摘したように、小溪石は一見塊状に見えても、基本的に層理や葉理が発達するために亀裂が入りやすい恐れがあり、小溪石半成品石刻は完成を待たずに放棄された可能性がある。

高津ほか(2010b), 高津ほか(2013)は、日本と中国の交流交易に使用された中国の外洋大型船に備えられていたと考えられる碇石について調査研究を行っている。これまでに広島県から沖縄県へ至る地域に知られる46点の碇石についてルーペによる肉眼観察を行い、19点が浙江省に広く分布する方岩組地層(K1f)に由来する凝灰質砂岩であることが報告された。また、大木ほか(2010)は、方岩組地層(K1f)に由来する凝灰質砂岩に似る奄美市名瀬幸町の肥後宅の碇石を偏光顕微鏡による薄片観察、X線回折装置やエネルギー分散型X線分析装置を用いた分析を行ったが、長石類は多い方から正長石、曹長石、灰長石の順で、これまでに分析した梅園石、小溪石、薩摩塔、宋風獅子像とはやや異なる組成を報告した。しかし、岩相や鉱物組成が梅園石のそれらに類似していることから、小溪石に近い方岩組地層(K1f)に由来する可能性を指摘した。大木ほか(2010)の報告も含め、3点の小溪石が梅園石と区別できなかったことは、肥後宅の碇石が小溪石と梅園石の石切場以外の方岩組地層(K1f)の石切場から切り出された可能性もあり、方岩組地層(K1f)分布地域の石切場の詳細な地質調査が待たれる。

まとめ

今回、沖津宮薩摩塔、宇美町薩摩塔、水元神社宋風獅子石像計3試料についてX線回折装置、エネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いた分析から、鉱物組成、X線回折パターン、長石類の組成がほぼ一致することがわかった。さらに、大木ほか(2009, 2010)の報告した坊津歴史資料センター輝津館の薩摩塔、大村市龍福寺跡の薩摩塔および寧波市鄞州区梅錫村華興塘の梅園石の分析結果と比較し、現時点で4つの薩摩塔と宋風獅子像の石材が同じで梅園石として良いという結論に達した。

一方、寧波市鄞州区鄞江鎮の北西方に位置する2カ所の石切場から採取した小溪石試料についても同様な分析を行い、分析値から梅園石と区別できないことが明らかになった。小溪石は、梅園石と同じ白亜系下部の湖成層である方岩組地層(K1f)に含まれているが、梅園石が層厚20mをこえる塊状凝灰岩であるのに対し、層理・葉理が発達する赤味を帯びた明褐色の凝灰質砂岩で肉眼観察によって容易に梅園石と区別できる。少なくとも北西部九州と南九州に点在する薩摩塔は小溪石の岩相を持たない。小溪石の石切場に露出する方岩組地層(K1f)の一部には、層厚2mをこえる塊状凝灰質砂岩が認められるが、小溪石半成品石刻が未完成のまま放置されたように亀裂が入りやすいと考えられる。

方岩組地層(K1f)の凝灰質砂岩に似る奄美市名瀬幸町の肥後宅の碇石は、鉱物組成が梅園石、小溪石とやや異なるが、小溪石に近い方岩組地層(K1f)に由来する可能性があり、今後、方岩組地層(K1f)分布地域の石切場を詳細に調査する必要がある。

参考文献

橋口 亘, 2013a, 南さつま市加世田益山の八幡神社現存の宋風獅子 - 中世万之瀬川下流域にもたらされた中国系石獅子. 南日本文化財研究, 18, 1-7.

- 橋口 亘, 2013b, 中世前期の薩摩国南部の対外交流史をめぐる考古新資料 - 南さつま市芝原遺跡出土薩摩塔・同市加世田益山八幡神社現存の宋風獅子・三島村硫黄島発見の中国陶磁器を中心に. 鹿児島考古, 43, 117-123.
- 橋口 亘・松田朝由, 2013, 南さつま市芝原遺跡出土の中国系石塔(2) - 万之瀬川下流域から発見された薩摩塔. 南日本文化財研究, 17, 1-7.
- 橋口 亘・高津 孝・大木公彦, 2011, 大応国師供養塔(福岡市興徳寺)四天王像彫出部材の発見と薩摩塔. 南日本文化財研究, 12, 6-13.
- 黒田吉益・諏訪兼位, 1968, 偏光顕微鏡と岩石鉱物. 共立出版, 343pp.
- 大木公彦・古澤 明・高津 孝・橋口 亘, 2009, 薩摩塔石材と中国寧波産の梅園石との岩石学的分析による対比. 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), 42, 11-19.
- 大木公彦・古澤 明・高津 孝・橋口 亘, 2010, 日本における薩摩塔・碇石の石材と中国寧波産石材の岩石学的特徴に関する一考察. 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), 43, 1-15.
- 高津 孝, 2011, 薩摩塔と碇石 - 浙江石材と東アジア海域交流. 国際日本文化研究センター, 213-225.
- 高津 孝・橋口 亘, 2008, 薩摩塔小考. 南日本文化財研究, 7, 20-33.
- 高津 孝・橋口 亘・大木公彦, 2010a, 薩摩塔研究 - 中国産石材という視点から. 鹿大史学, 57, 25-38.
- 高津 孝・橋口 亘・松本信光・大木公彦, 2010b, 南西諸島現存碇石の産地に関する一考察. 鹿児島大学法文学部紀要「人文学科論集」, 72, 119-146.
- 高津 孝・橋口 亘・大木公彦, 2012, 薩摩塔研究(続) - その現状と問題点. 鹿大史学, 59, 29-42.
- 高津 孝・大木公彦・橋口 亘, 2013, 日本現存碇石石材調査報告. 鹿大史学, 60, 11-22.