

# 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

著者	大木 公彦, 古澤 明, 高津 孝, 橋口 亘, 内村 公大
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要=Reports of the Faculty of Science, Kagoshima University
巻	43
ページ	1-15
別言語のタイトル	Note on a lithological characteristics of the Satsuma stone pagoda and anchor stones in Japan and the building stones collected from Ningbo, China
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/00010450">http://hdl.handle.net/10232/00010450</a>

## 日本における薩摩塔・礎石の石材と 中国寧波産石材の岩石学的特徴に関する一考察

### Note on a lithological characteristics of the Satsuma stone pagoda and anchor stones in Japan and the building stones collected from Ningbo, China

大木公彦<sup>1)</sup>・古澤 明<sup>2)</sup>・高津 孝<sup>3)</sup>・橋口 亘<sup>4)</sup>・内村公大<sup>1)</sup>

ŌKI Kimihiko<sup>1)</sup>, FURUSAWA Akira<sup>2)</sup>, TAKATSU Takashi<sup>3)</sup>, HASHIGUCHI Wataru<sup>4)</sup> and  
UCHIMURA Kimihiro<sup>1)</sup>

**Abstract:** More than twenty Satsuma stone pagodas are in the northwestern part of Kyushu. A Satsuma stone pagoda is preserved in the ruins of Ryufuku-ji temple, Ohmura City, Nagasaki Prefecture. Rock sample was collected from the Satsuma stone pagoda for comparison with the Satsuma stone pagoda of Bonotsu history museum “Kishinkan” and “Meiyuanshi-stone” collected from a quarry at Ningbo, China. 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 the Satsuma stone pagoda from Ohmura City are equivalent to the latters. Furthermore rock samples of anchor stone preserved in Amami City and “Xiaoxi-stone” collected from Ningbo were analyzed by same methods. From these results it may be inferred that this anchor stone was quarried from the Fangyan Formation distributed in the Ningbo area, China.

**Keywords:** Satsuma stone pagoda, anchor stone, lithological characteristics, Ningbo

#### まえがき

1960年代初めに現在の南さつま市坊津町と南九州市川辺町に存在する石塔が薩摩塔と命名されて以来、鹿児島県には5基、さらに長崎県、佐賀県、福岡県に20基をこえる薩摩塔の存在が複数の研究者によって確認された（高津ほか、2010a）。その特殊な形状と石質から中国産石塔中国系石造物である可能性も指摘されていたが、高津・橋口（2008）は薩摩塔の石材が浙江省産石材の梅園石であると考え、大木ほか（2009）が浙江省産石材の梅園石と南さつま市坊津輝津館所蔵の薩摩塔の石材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。さらに、高津ほか（2010a）は2009年7月、11月に北部九州地区薩摩塔石材調査を行い、著者の一人である大木がルーペを使用した肉眼鑑定の結果から、長崎県の10基、佐賀県の3基、福岡県の2基の薩摩塔が、坊津薩摩塔と同一石材と認定可能であることを報告した。

本論では、所蔵者の富崎善隆氏の許可を得て採取した長崎県大村市立福寺町の龍福寺跡の薩摩塔（大石、1998）について岩石学的分析を行い、大木ほか（2009）が行った浙江省産石材の梅園石と坊津輝津館の薩

- 
- 1) 鹿児島大学総合研究博物館 〒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 〒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) 鹿児島大学法文学部 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-30  
Faculty of Law, Economics and 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

摩塔の分析結果と比較し、類似性について検証した。さらに、高津ほか（2010b）が報告した鹿児島県、沖縄県に現存する碇石で、所蔵者の肥後 敬氏の許可を得て試料が採取できた奄美市名瀬幸町の碇石、宇検村教育委員会の松井寿一氏の許可を得て採取できた宇検村生涯学習センターの碇石について同様な岩石学的分析を試み、石材の産地について検討を行った。加えて、梅園石が白亜系下部の湖成層である方岩組地層（K1f）に挟在する凝灰岩層（寧波市地方志編纂委員会編，1995；高津ほか，2010a）と報告されていることから、同層の凝灰質砂岩の小溪石、日本における白亜系下部の非海成層である関門層群に挟在する赤紫色の凝灰質砂岩についても岩石学的分析を行った。

謝辞：長崎県文化・スポーツ振興部文化振興課の大石一久氏，鹿児島県奄美市教育委員会生涯学習課文化財室の松本信光氏，鹿児島県宇検村教育委員会の直 美希氏，沖縄県うるま市教育委員会教育部文化課の榮野川 敦氏に現地調査で支援をいただいた。鹿児島県宇検村教育委員会の松井寿一氏，奄美市名瀬幸町の肥後 敬氏，長崎県大村市立福寺町の富崎善隆氏から分析試料の採取許可をいただいた。兵庫教育大学社会系の松田吉郎教授，它山堰管理事務所所長の陳思光氏より，小溪石試料採集についてご協力をいただいた。北九州市立自然史・歴史博物館の太田泰弘氏には関門層群の岩石採取に際して，露頭に関する貴重な情報をいただいた。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。これらの方には心より感謝し，お礼を申し上げます。

## 試料と分析方法

試料は，長崎県大村市立福寺町の龍福寺跡の薩摩塔（大石，1998；図1），鹿児島県奄美市名瀬幸町の碇石（図2），宇検村生涯学習センターに保存されている碇石（図3）の石材，山口県下関市吉見の海岸で採取した関門層群の赤紫色凝灰質砂岩，および中国寧波它山廟付近で採取した小溪石である。本論で言う小溪石は，大木ほか（2009），高津ほか（2010b）の光溪石に同じである。

大村市の薩摩塔は2009年11月8日に所蔵者の富崎善隆氏の許可を得て，奄美市名瀬幸町の碇石は2010年2月19日に所蔵者の肥後 敬氏の許可を得て，宇検村生涯学習センターに保存されている碇石は2010年2月19日に宇検村教育委員会の松井寿一氏の許可を得て大木が採取した。

関門層群の赤紫色凝灰質砂岩は，2009年7月5日に北部九州地区薩摩塔石材調査の折に大木が採取した（図4）。小溪石は，兵庫教育大学社会系の松田吉郎教授のご尽力で，它山堰管理事務所所長の陳 思光氏が2009年11月に中華人民共和国寧波市鄞州区鄞州鎮の它山廟付近で採取した試料である。

大村市の薩摩塔，奄美市の碇石，宇検村生涯学習センターの碇石，関門層群の赤紫色凝灰質砂岩，小溪石は岩石薄片を作成し，偏光顕微鏡観察を行った。また，これら5試料について粉末試料を作成し，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において，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・内村 担当）。

さらに，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



図1 a. 大村市立福寺町の龍福寺跡。



図1 b. 大村市立福寺町の薩摩塔。



図2. 鹿児島県奄美市名瀬幸町の碇石.



図3. 宇検村生涯学習センターの碇石.

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 4μm 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  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ )、高純度天然酸化物結晶 (純度 99.99% 以上の石英,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、純度 99.99% 以上の人工単結晶  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaF}_2$  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  $\text{FeO}$  として表記した (古澤 担当)。



図4. 下関市吉見海岸の関門層群の露頭.

## 分析結果

### 1) 岩石学的記載

#### a. 大村市立福寺町, 龍福寺跡の薩摩塔

石材は、赤みを帯びた明灰色で、粒子の細かい塊状の凝灰岩である。大木ほか (2009) が報告した坊津歴史資料センター輝津館に保存されている薩摩塔の石材 (以下、輝津館薩摩塔) と、中国寧波市鄞州区梅錫村華興塘の梅園石の石材 (以下、寧波梅園石) とまったく区別がつかない。

実体顕微鏡による観察では、ほとんどの鉱物が 0.3mm 以下で角張った他形、長柱状の自形を示す。鉱物微粒子の間は、火山ガラス起源と考えられる物質で充填されている。まれではあるが角の取れた 0.5mm 程度の透明鉱物も認められる。微小な鉱物のほとんどが長石からなると考えられるが、微小な黒色鉱物もまれに含まれている。

偏光顕微鏡下では、両試料はともに火山ガラスが残存せず、有色鉱物および無色鉱物といった斑晶鉱物も見られない。0.5mm 以下の長石、まれに石英の微小な斑晶からなり、角張った他形、長柱状の自形を呈すものが多い。微斑晶を取り囲む粘土鉱物は、火山ガラス特有の形態が見られることから、火山ガラスが脱ガラスしたものと考えられる (図 5)。微斑晶の主成分分析用プレパラートによる粒子組成観察では、火山ガラスは残存せず、有色鉱物の斑晶は見られない。長石類からなる微斑晶を主体とし、一部に火山ガ

ラス特有の発泡跡が見られることから、脱ガラス化作用を受けているとみられる。

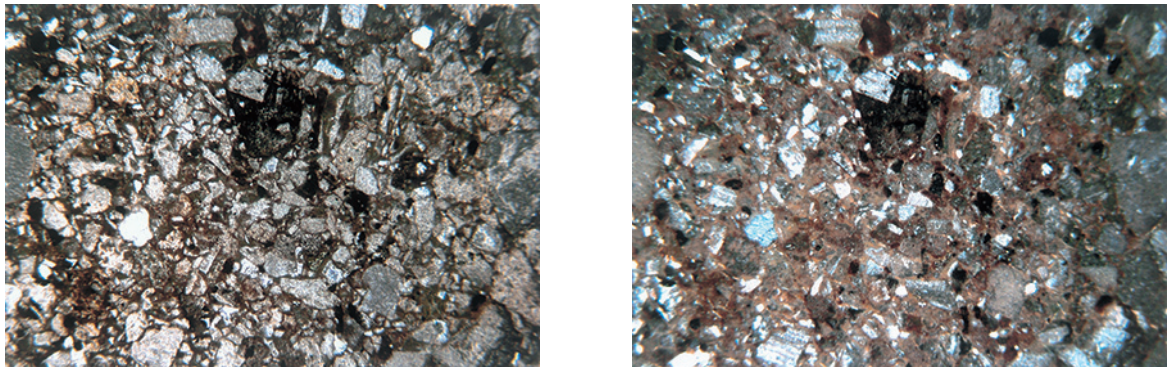


図5. 大村市立福寺町の薩摩塔顕微鏡写真（左側：開放ニコル；右側：直交ニコル；横幅が2.5mm）。

#### b. 奄美市名瀬幸町、肥後宅の碇石

石材は、赤味を帯びた灰色で粒子が細かい塊状の凝灰岩である。寧波梅園石と極めて似ている。

実体顕微鏡による観察では、ほとんどの鉱物が0.3mm以下で、角張った他形、長柱状の自形を示す。まれに0.5mm程度の鉱物も認められる。鉱物粒子の間は、赤味を帯びた物質で充填されている。

偏光顕微鏡下において、0.5mm程度で輪郭が不明瞭な、おもに長石類からなる微斑晶鉱物が認められる。これらの鉱物は自形を示すものが多く、明らかに円磨されたと考えられるものはほとんど認められない。輪郭のはっきりした鉱物粒は0.2mm以下と微粒で、他形のものが多く、輪郭のはっきりしない鉱物粒に比べて円磨されたと思われる粒子が多い（図6）。しかし輪郭の明瞭な鉱物粒が占める割合は輪郭が不明瞭な鉱物粒に比べて極めて小さく、寧波梅園石のそれと明らかに異なる。これらの微斑晶を取り囲むガラス質の基質は、褐色を帯びた透明無色で、火山ガラス特有の形態が見られることから脱ガラス化作用を受けていると考えられる。層理面とそれに直交する面について薄片を作成したが、両者に違いがなく、堆積構造は認められなかった。

異質岩片を含まず葉理等の堆積岩の特徴を持たないが、円磨されたと考えられる鉱物粒が含まれていること、鉱物粒が少なく、赤褐色の基質がかなりを占めることなどから、凝灰岩の二次堆積物である可能性がある。

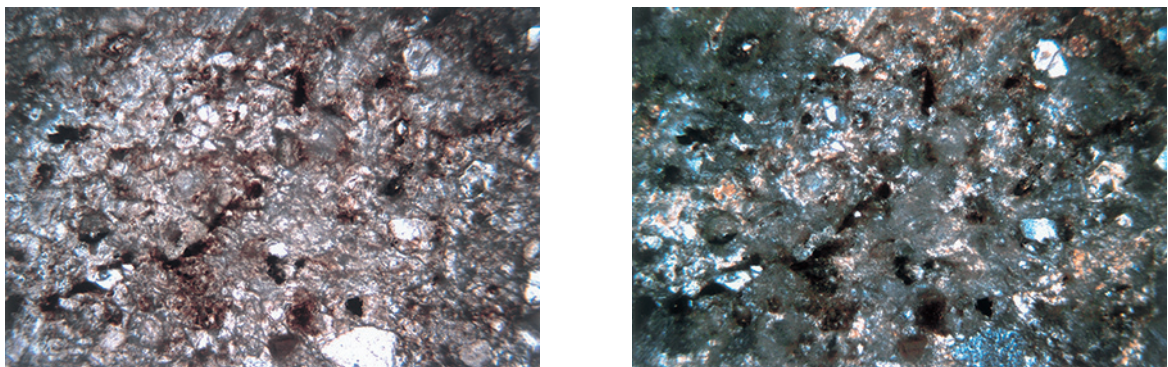


図6. 奄美市名瀬幸町の碇石の顕微鏡写真（左側：開放ニコル；右側：直交ニコル；横幅が2.5mm）。

#### c. 宇検村生涯学習センターの碇石

石材は明灰色～白色で、今回分析した試料の中で特異である。やや赤味を帯びた明灰色～白色の基質に、2mmほどの透明で貝殻状断口を持つ石英や白色半透明の長石が点在する。特徴的に0.5mm以下の赤褐色の斑点が基質部に点在している。

実体顕微鏡による観察では、凝灰質な白色の基質に2mm以下の石英や長石が点在し、白色の基質には

赤褐色の斑点が認められ、中心が濃く、周辺部は不明瞭で白色の基質部へと漸移する。肉眼でやや赤味を帯びて見えるのは、二次的と考えられる赤褐色の斑点に起因している。

偏光顕微鏡下において、ガラス質の基質中に輪郭が明瞭な2mm以下の石英や長石の斑晶および微斑晶が認められ、斑晶の含有率は全体の50%前後を占める(図7)。

岩石学的特徴から堆積岩と考えられるが、石英や長石には摩耗が認められず、角張って半自形をなすものが多いことから、極めて近い後背地から短時間に運搬され堆積した凝灰質砂岩の可能性が高い。

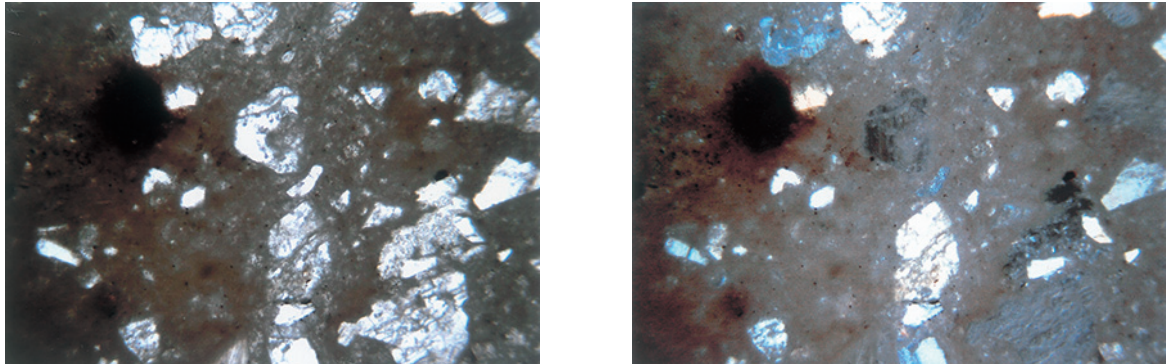


図7. 宇検村生涯学習センターの碇石の顕微鏡写真(左側:開放ニコル;右側:直交ニコル;横幅が2.5mm)。

#### d. 中華人民共和国寧波の它山廟付近で採取された小溪石

石材に使われる小溪石は特徴的な明赤紫色を呈し、地層面に垂直な断面では1.5mm以下の白色の粒子が水平に並び、葉理を形作っている。しかし、白色の粒子の粒径は葉理によって異なり、試料の中には4mmと14mmの礫も、1個ずつではあるが含まれていた。

実体顕微鏡による観察では、粒子は細粒で寧波梅園石に酷似している。地層面に垂直な断面で認められる葉理を形作っている白色の粒子は不定形で粒径も揃っていない。粒子の長軸が葉理に平行である場合が多い。まれに雲母を含む。

偏光顕微鏡下において、まれに0.2mm以下の石英が含まれるが、斑晶鉱物は目立たず、褐色を帯び透明なガラス質の基質中に長石を主体とした微斑晶結晶が多く含まれ、弱く流状の葉理を作っているようにも見える(図8)。

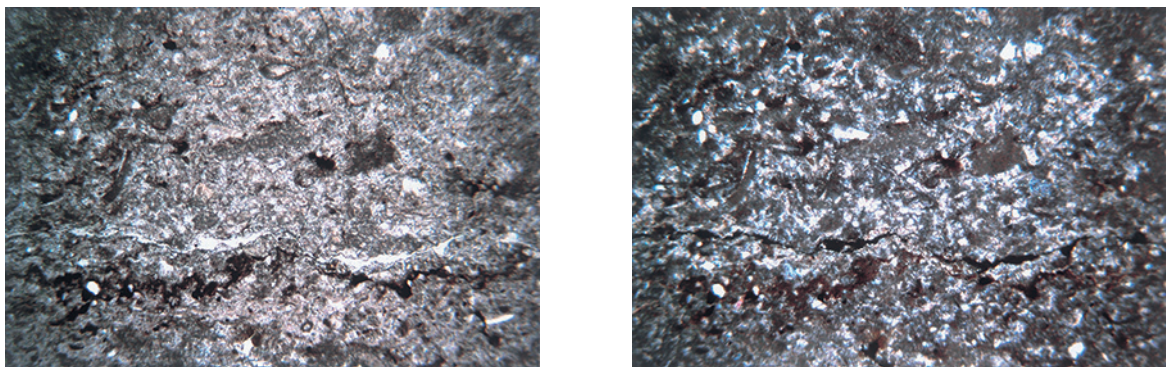


図8. 寧波它山廟付近の小溪石の顕微鏡写真(左側:開放ニコル;右側:直交ニコル;横幅が2.5mm)。

#### e. 山口県下関市吉見の海岸で採取した関門層群の赤紫色凝灰質砂岩

関門層群は北部九州から中国地方西部に分布する非海成下部白亜系で、松本(1951)が下部の脇野亜層群と上部の下関亜層群に分けた。脇野亜層群はおもに非火山性碎屑岩からなる湖成層であるが、下関亜層群は安山岩、デイサイト、火山碎屑岩からなり、今回、試料を採取した下関市吉見海岸の関門層群は下関亜層群に相当すると考えられる。吉見の海岸には、おもに暗～明赤灰色の基質部を持つ火山岩からなる礫

岩層と泥岩層の互層が露出している（図4）。一部にスランプ構造が認められ、泥岩の偽礫も層準によって見られる。凝灰岩層は認められない。今回の試料は、暗赤灰色の凝灰質砂岩である。

試料は暗赤紫色を呈し、1.0mm以下の白色の粒子、まれに黒色の粒子が点在する。極めてまれであるが3mmほどの長石を含むことがある。

実体顕微鏡による観察では、基質は粘土および鉱物の微粒子からなり、その中に0.3mm以下の細粒～微粒砂が比較的多く認められる。まれに粗粒～中粒砂が点在する。粒子の多くは石英と白色の長石などからなる。粒子はやや丸みを帯びているが、まれに半自形をなす長石等が認められる。

偏光顕微鏡下において、開放ニコル、直交ニコルでも変化しない褐色を呈する基質が半分以上を占め、その中に0.3mm以下の石英、長石、有色鉱物が点在する（図9）。まれに雲母が認められる。長石は角が取れ、丸みを帯びたものが多く、石英は角張ったものが多い。その他細長い形態を示すものなど様々であるが、粒子の配列や方向性等は認められない。

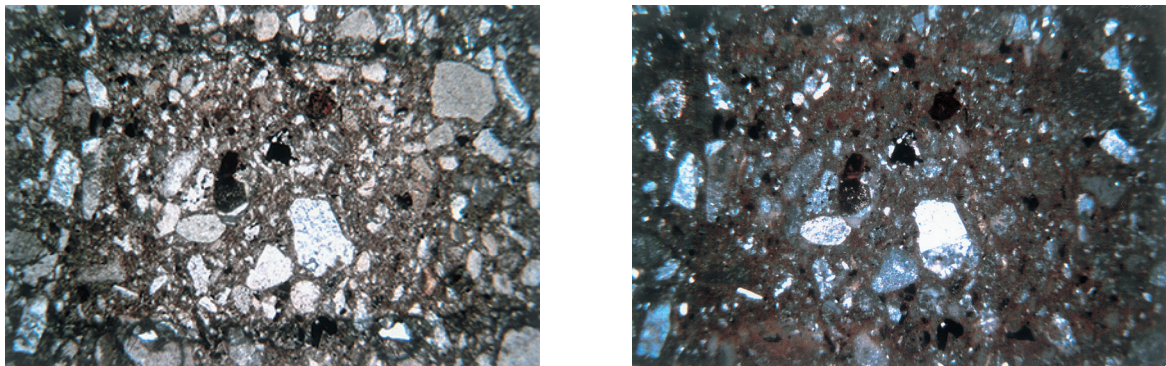


図9. 下関市吉見海岸で採取した関門層群凝灰質砂岩の顕微鏡写真（左側：開放ニコル；右側：直交ニコル；横幅が2.5mm）。

## 2) 高速X線回折装置による分析

### a. 大村市立福寺町、龍福寺跡の薩摩塔

粉末試料を作成しX線回折装置を用いて分析を行った結果、微斑晶は石英、曹長石、正長石から構成され、本試料には正長石が認められるものの、輝津館薩摩塔の石材と、寧波梅園石の石材と同様に石英と曹長石から特徴づけられ、3者のX線回折パターンは驚くほど良く一致した（図10）。とくに、輝津館薩摩塔とは、同じ石切場のほぼ同じ場所から採石されたと思わせるほど一致している（図11）。なお、坊津歴史資料センター輝津館所蔵の薩摩塔と梅園石を分析した2009年4月15日以降に、高速X線回折装置の性能を高めたためにX線回折パターンのベースの位置が異なっている。

### b. 奄美市名瀬幸町、肥後宅の碇石

分析の結果、鉱物として石英が認識された。X線回折パターンは輝津館薩摩塔・大村市立福寺町の薩摩塔（以後、大村薩摩塔）、寧波梅園石の石材とやや異なる。

### c. 宇検村生涯学習センターの碇石

分析の結果、肥後宅の碇石（以後、肥後宅碇石）と同様に鉱物として石英が認識されたが、X線回折パターンのピークは肥後宅碇石のそれとかなり異なる。

### d. 中華人民共和国寧波の它山廟付近で採取された小溪石

分析の結果、肥後宅や宇検村生涯学習センター碇石（以後、宇検碇石）と同様に鉱物として石英が認識された。X線回折パターンは輝津館薩摩塔、大村薩摩塔、寧波梅園石の石材とかなり共通したピークを持つ。

### e. 山口県下関市吉見の海岸で採取した関門層群の赤紫色凝灰質砂岩

分析の結果、鉱物として石英、シリア雲母（花崗岩質ペグマタイトにシリア電気石などのLi鉱物と共生）が認識された。X線回折パターンは輝津館・大村薩摩塔、寧波梅園石の石材と異なるが、かなり共通した

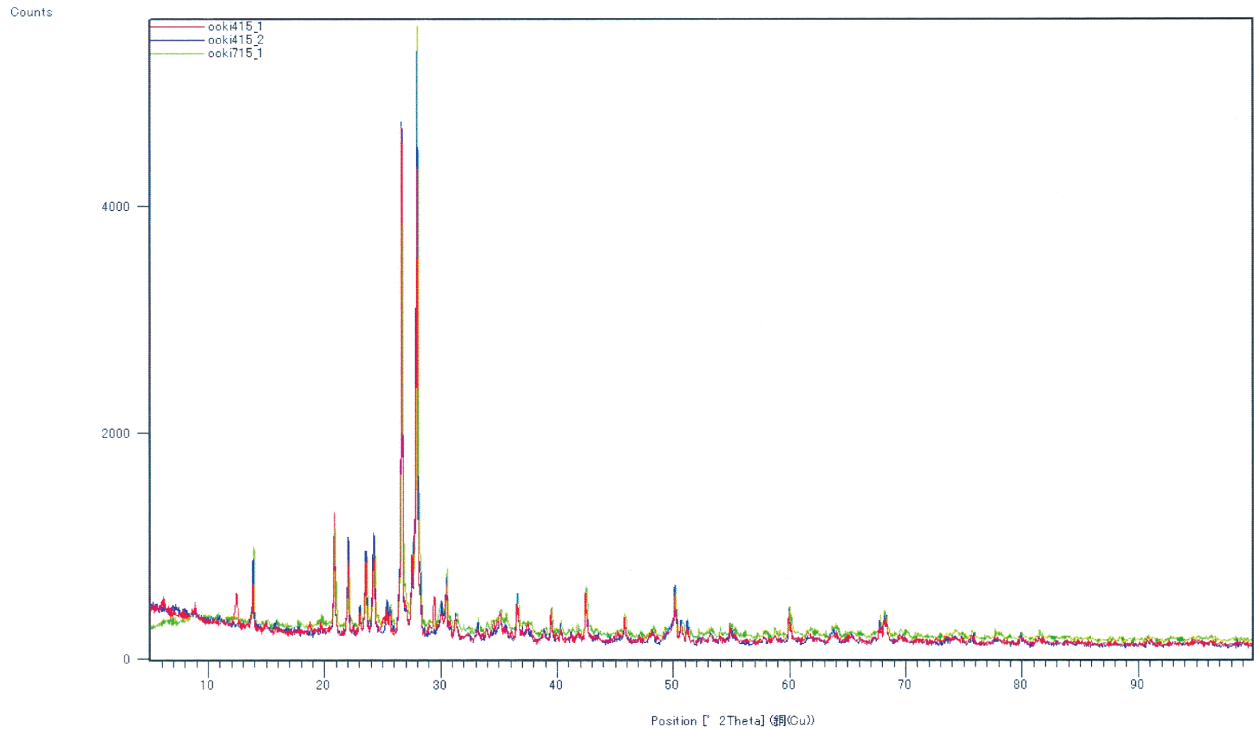


図10. 高速 X 線回折装置による梅園石（赤），輝津館薩摩塔（青），大村薩摩塔（緑）の X 線回折パターン．

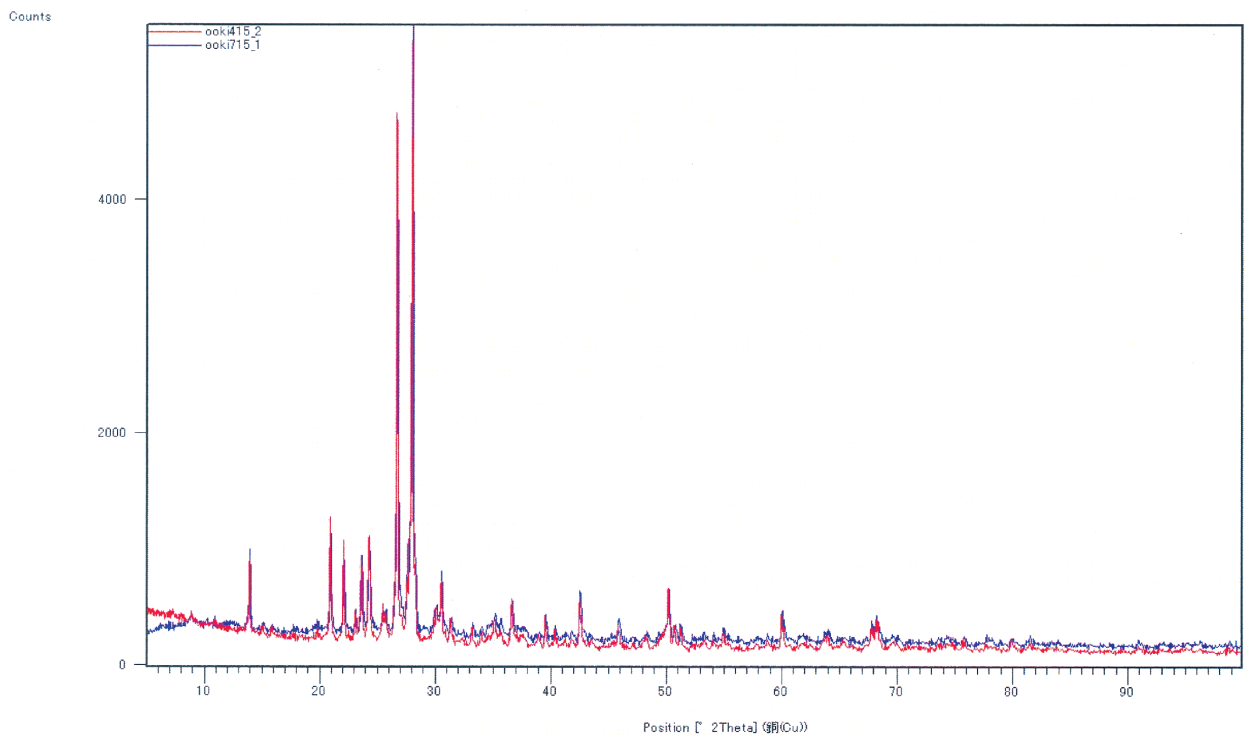


図11. 高速 X 線回折装置による輝津館薩摩塔（赤），大村薩摩塔（青）の X 線回折パターン．

ピークを持つ。

### 3) 微斑晶の主成分化学組成

試料から無作為に選んだ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。その分析値と長石類 EDX- カチオン値を表 1 ～ 5 に，長石の化学組成を図12，図13に示す。

### a. 大村市立福寺町，龍福寺跡の薩摩塔

微斑晶はほぼ長石類からなり，微量の石英を含むことが分かった。長石類の組成は，三角ダイアグラムの曹長石の領域にプロットされたが，1つの微斑晶はCa, Naをほとんど含まない正長石であった（表1）。この正長石を除く曹長石の化学組成は，大木ほか（2009）の報告した輝津館薩摩塔，寧波梅園石の石材の化学組成と極めて一致する（図12）。

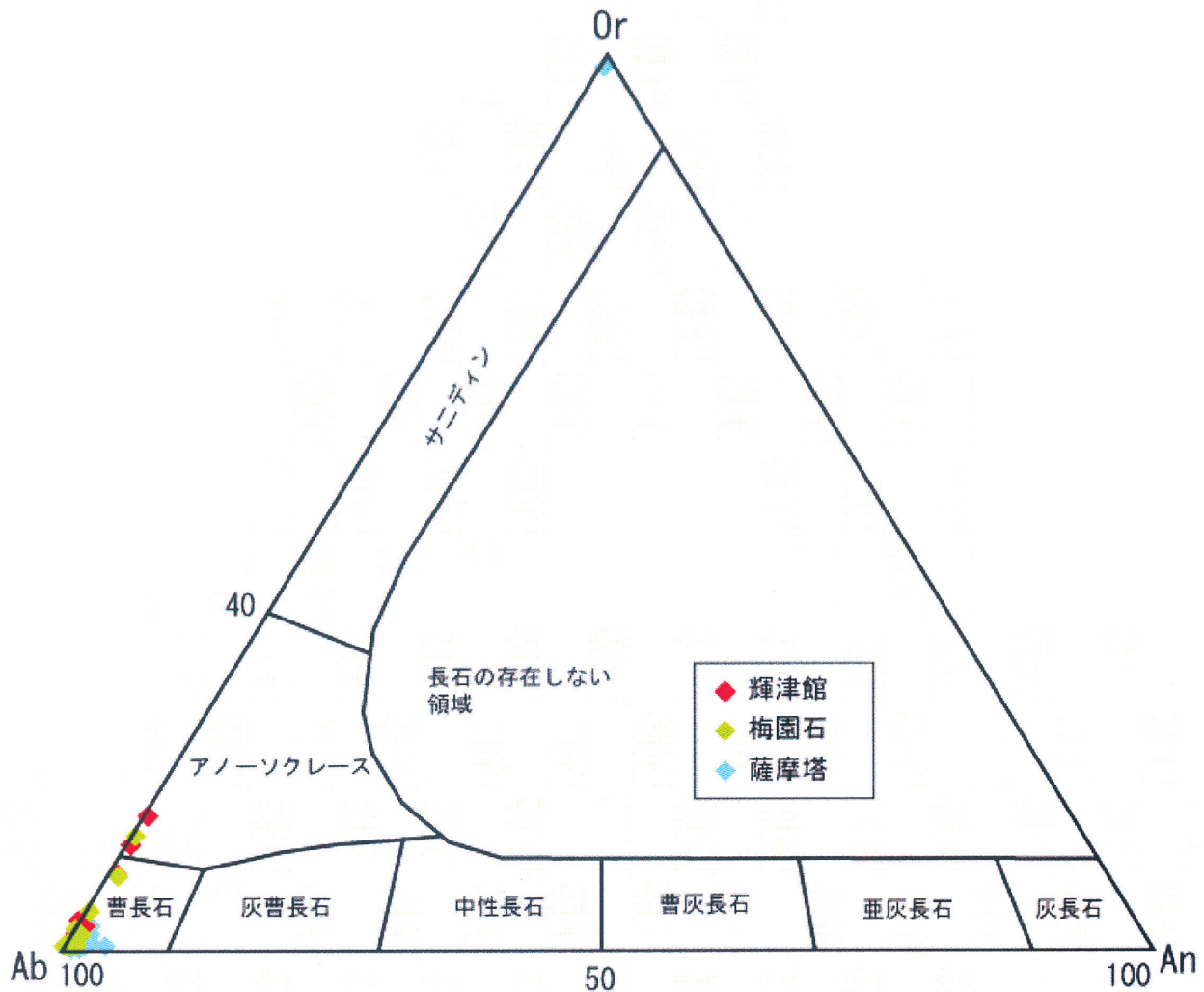


図12. 輝津館薩摩塔（赤），寧波梅園石（緑），大村薩摩塔（青）に含まれる長石の化学組成と分類（輝津館＝輝津館薩摩塔；薩摩塔＝大村薩摩塔；黒田・諏訪，1968の図4.9（A）を引用改変）。

### b. 奄美市名瀬幸町，肥後宅の碇石

微斑晶の主成分化学組成の分析（表2）から，11の微斑晶は，灰長石（2点），曹長石（3点），正長石（6点）のまったく組成の異なる長石からなる（図13）。

### c. 宇検村生涯学習センターの碇石

微斑晶の主成分化学組成の分析（表3）から，11の微斑晶は，灰曹長石（5点），曹長石（1点），アノソクレス（1点），サニディン（4点）の比較的Caの低い長石から構成されている（図13）。

### d. 中華人民共和国寧波の它山廟付近で採取された小（光）溪石

微斑晶の主成分化学組成の分析（表4）から，11の微斑晶は，曹長石（8点），正長石（3点）の長石からなる（図13）。

### e. 山口県下関市吉見の海岸で採取した関門層群の赤紫色凝灰質砂岩

微斑晶の主成分化学組成の分析（表5）から，12の微斑晶は，曹長石（5点），アノソクレス（1点），

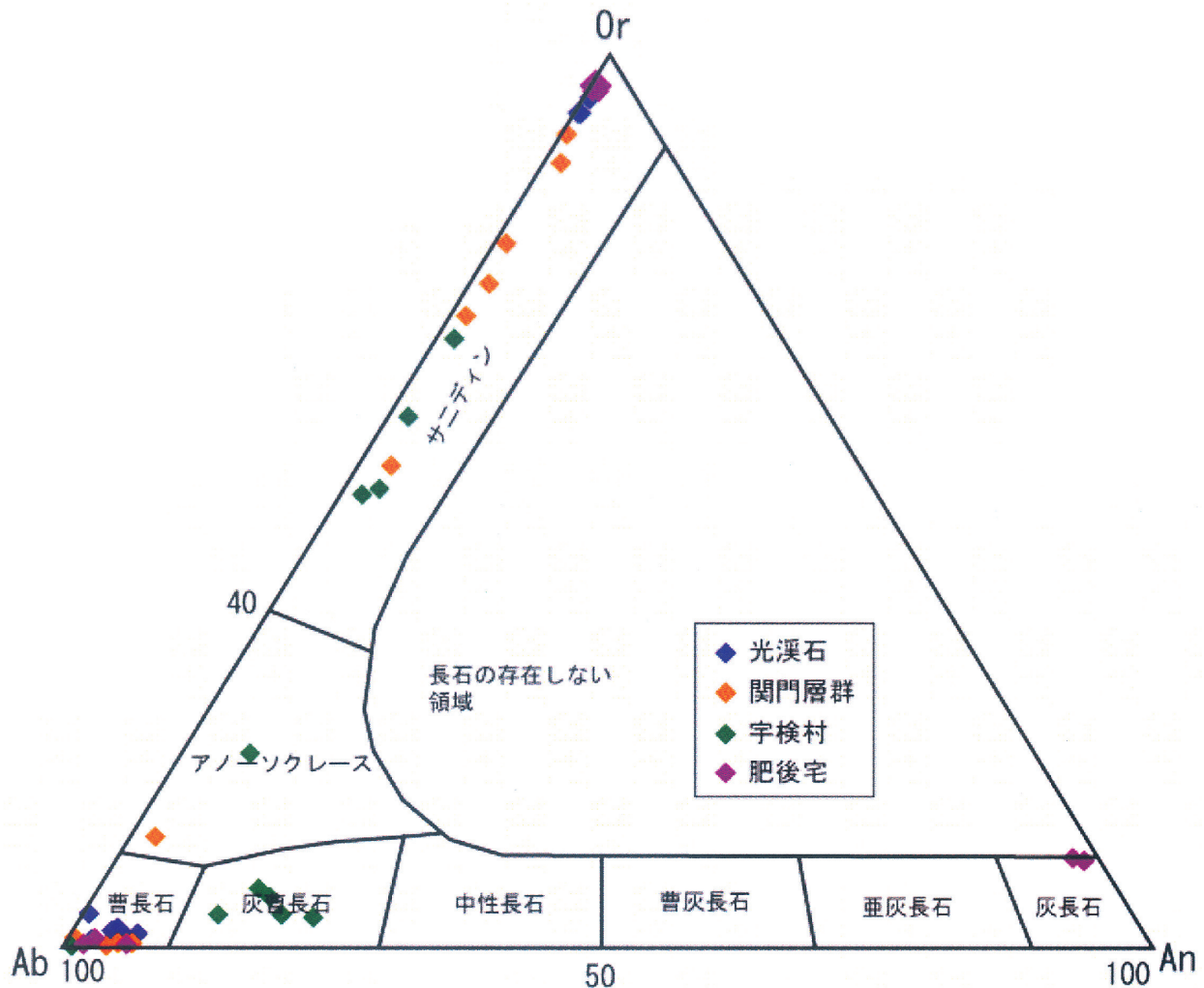


図13. 寧波小（光）溪石（青），関門層群（橙），宇検碇石（緑），肥後宅碇石（紫）に含まれる長石の化学組成と分類（光溪石＝小溪石；宇検村＝宇検碇石；肥後宅＝肥後宅碇石；黒田・諏訪，1968の図4.9（A）を引用改変）。

サニディン（6点；正長石1点を含む）の長石からなる（図13）。

## 考察とまとめ

### 1) 大村市立福寺町，龍福寺跡の薩摩塔と輝津館薩摩塔，寧波梅園石との比較

大木ほか（2009）は坊津歴史資料センター輝津館所蔵の薩摩塔，中国寧波市鄞州区梅錫村華興塘の梅園石の石材が湖成層に挟在する火砕流堆積物である可能性を指摘し，両者の化学組成が一致することを報告して，輝津館の薩摩塔の石材が梅園石の石切場から切り出されたと結論づけた。高津ほか（2010a）は北部九州地区薩摩塔石材調査を行い，長崎県の10基，佐賀県の3基，福岡県の2基の薩摩塔が，肉眼鑑定であるが坊津薩摩塔と同一石材と認定可能であることを報告した。

薩摩塔の分布を九州の地質図の上にプロットして図14に示す。南九州に位置する輝津館の薩摩塔の石材が梅園石と同じ岩石学的特徴を持つことはわかったが，北西部九州に分布する薩摩塔の岩質が酷似していても，輝津館の薩摩塔や寧波の梅園石と同じであるとは言えない。今回，大村市立福寺町の龍福寺跡の薩摩塔（図1）の岩石試料の提供を受け，高速X線回折装置による分析を試みた結果，X線回折パターンは輝津館薩摩塔，寧波梅園石のそれに一致した（図9，10）。検出された鉱物も輝津館薩摩塔，寧波梅園

表 1. 大村薩摩塔の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

薩摩塔	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	67.95	67.84	68.13	67.83	68.20	68.61	69.95	68.92	65.18	67.56	69.30	68.79
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.04	0.21	0.05	0.02	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.01	19.64	19.09	19.24	19.55	19.76	20.05	19.99	18.54	19.10	17.75	19.92
FeO	0.07	0.30	0.07	0.01	0.13	0.37	0.07	0.17	0.05	0.06	0.68	0.00
MnO	0.06	0.05	0.00	0.00	0.09	0.01	0.05	0.01	0.02	0.00	0.06	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
CaO	0.77	0.30	0.16	0.14	0.48	0.40	0.31	0.36	0.11	0.30	0.21	0.41
Na <sub>2</sub> O	11.14	11.05	11.22	11.31	11.36	11.17	11.48	11.13	0.08	11.25	10.34	11.43
K <sub>2</sub> O	0.08	0.45	0.00	0.02	0.11	0.08	0.00	0.29	17.52	0.03	0.08	0.05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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	100.14	99.63	98.67	98.55	100.12	100.40	101.91	100.91	101.71	98.35	98.42	101.60
O=8.000												
Si	2.97	2.98	3.01	3.00	2.98	2.99	2.99	2.98	2.98	3.00	3.06	3.00
Al	1.03	1.02	0.99	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.00	1.00	0.93	1.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
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
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
Ca	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
Na	0.94	0.94	0.96	0.97	0.96	0.94	0.95	0.93	0.01	0.97	0.89	0.95
K	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	1.02	0.00	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	0.00	0.00
Ca+Na+K	0.98	0.98	0.97	0.98	0.99	0.97	0.97	0.97	1.03	0.98	0.90	0.97
An	3.66	1.44	0.78	0.68	2.27	1.93	1.47	1.73	0.52	1.45	1.10	1.94
Ab	95.88	95.99	99.22	99.21	97.11	97.61	98.53	96.62	0.69	98.38	98.39	97.78
Or	0.45	2.57	0.00	0.12	0.62	0.46	0.00	1.66	98.79	0.17	0.50	0.28
SiO <sub>2</sub>	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.14	1.16	1.15	1.08	1.12	1.15	1.16
AlO <sub>3/2</sub>	0.39	0.39	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.36	0.37	0.35	0.39
TiO <sub>2</sub>	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	0.01	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	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
CaO	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
NaO <sub>1/2</sub>	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.36	0.37	0.36	0.00	0.36	0.33	0.37
KO <sub>1/2</sub>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.37	0.00	0.00	0.00
CrO <sub>3/2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.38	0.36	0.37	0.38	0.39

表 2. 名瀬碇石（肥後宅）の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

肥後宅	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub>	67.12	62.36	67.39	62.49	62.26	60.73	66.51	61.55	64.02	62.47	61.31
TiO <sub>2</sub>	0.00	1.26	0.00	1.65	1.07	0.05	0.02	1.28	0.21	1.05	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.78	18.80	19.49	18.99	18.67	23.79	20.25	18.56	18.25	18.74	23.53
FeO	0.01	0.00	0.19	0.00	0.06	0.30	0.00	0.17	0.00	0.00	0.10
MnO	0.12	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03	0.09
MgO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.51	0.09	0.35	0.05	0.21	12.49	1.17	0.18	0.11	0.01	12.21
Na <sub>2</sub> O	10.96	0.37	10.93	0.25	0.26	0.21	10.58	0.31	0.34	0.34	0.11
K <sub>2</sub> O	0.11	15.43	0.00	15.41	15.79	1.16	0.02	15.50	16.07	15.26	1.10
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.61	98.21	98.35	98.64	98.32	98.73	98.55	97.69	99.00	97.90	98.52
O=8.000											
Si	2.97	2.94	2.99	2.92	2.93	2.73	2.95	2.92	2.99	2.94	2.75
Al	1.03	1.03	1.02	1.05	1.04	1.26	1.06	1.04	1.00	1.04	1.24
Ti	0.00	0.04	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.05	0.01	0.04	0.00
Fe	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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
Ca	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.60	0.06	0.01	0.01	0.00	0.59
Na	0.94	0.03	0.94	0.02	0.02	0.02	0.91	0.03	0.03	0.03	0.01
K	0.01	0.93	0.00	0.92	0.95	0.07	0.00	0.94	0.96	0.92	0.06
Cr	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	0.97	0.97	0.96	0.94	0.98	0.69	0.97	0.98	0.99	0.95	0.66
An	2.49	0.47	1.74	0.27	1.08	87.64	5.75	0.94	0.55	0.05	89.00
Ab	96.87	3.50	98.26	2.40	2.42	2.67	94.13	2.92	3.10	3.27	1.45
Or	0.64	96.03	0.00	97.33	96.51	9.69	0.12	96.14	96.35	96.67	9.55
SiO <sub>2</sub>	1.12	1.04	1.12	1.04	1.04	1.01	1.11	1.02	1.07	1.04	1.02
AlO <sub>3/2</sub>	0.39	0.36	0.38	0.37	0.37	0.47	0.40	0.36	0.36	0.37	0.46
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	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
MnO	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
CaO	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.22	0.02	0.00	0.00	0.00	0.22
NaO <sub>1/2</sub>	0.35	0.01	0.35	0.01	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01	0.01	0.00
KO <sub>1/2</sub>	0.00	0.33	0.00	0.33	0.34	0.02	0.00	0.33	0.34	0.32	0.02
CrO <sub>3/2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.38	0.35	0.38	0.36	0.35	0.37	0.38	0.35	0.36	0.35	0.37

表3. 宇検碓石の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

宇検村	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub>	63.04	62.77	66.85	65.32	63.76	64.85	63.68	65.37	67.11	65.66	66.03
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.00	0.08	0.09	0.06	0.00	0.12	0.12	0.10	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.87	22.46	18.99	18.36	21.40	18.08	21.36	19.29	19.04	20.92	18.44
FeO	0.16	0.11	0.09	0.25	0.19	0.01	0.21	0.11	0.14	0.11	0.22
MnO	0.00	0.05	0.01	0.09	0.10	0.13	0.00	0.07	0.00	0.15	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
CaO	3.64	4.35	0.13	0.61	3.22	0.32	2.89	1.24	0.34	2.49	0.33
Na <sub>2</sub> O	8.71	8.47	11.25	5.10	8.69	3.28	8.74	8.12	5.42	9.42	4.30
K <sub>2</sub> O	0.64	0.60	0.07	8.94	1.00	11.48	1.17	3.76	9.01	0.67	10.24
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.13	98.81	97.47	98.76	98.42	98.19	98.20	98.08	101.16	99.42	99.59
O=8.000											
Si	2.84	2.81	2.99	2.99	2.86	3.00	2.86	2.96	2.99	2.91	3.00
Al	1.16	1.19	1.00	0.99	1.13	0.99	1.13	1.03	1.00	1.09	0.99
Ti	0.00	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	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	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
Ca	0.18	0.21	0.01	0.03	0.15	0.02	0.14	0.06	0.02	0.12	0.02
Na	0.76	0.74	0.98	0.45	0.76	0.29	0.76	0.71	0.47	0.81	0.38
K	0.04	0.03	0.00	0.52	0.06	0.68	0.07	0.22	0.51	0.04	0.59
Cr	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	0.97	0.98	0.99	1.00	0.97	0.99	0.97	0.99	1.00	0.96	0.99
An	18.05	21.33	0.63	2.98	15.99	1.61	14.38	6.08	1.63	12.25	1.63
Ab	78.17	75.16	98.96	45.06	78.10	29.79	78.69	71.99	46.98	83.83	38.32
Or	3.78	3.50	0.41	51.97	5.91	68.60	6.93	21.93	51.39	3.92	60.05
SiO <sub>2</sub>	1.05	1.04	1.11	1.09	1.06	1.08	1.06	1.09	1.12	1.09	1.10
AlO <sub>3/2</sub>	0.43	0.44	0.37	0.36	0.42	0.35	0.42	0.38	0.37	0.41	0.36
TiO <sub>2</sub>	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
MnO	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
CaO	0.06	0.08	0.00	0.01	0.06	0.01	0.05	0.02	0.01	0.04	0.01
NaO1/2	0.28	0.27	0.36	0.16	0.28	0.11	0.28	0.26	0.17	0.30	0.14
KO1/2	0.01	0.01	0.00	0.19	0.02	0.24	0.02	0.08	0.19	0.01	0.22
CrO <sub>3/2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.37	0.37	0.37	0.36	0.37	0.36	0.37	0.37	0.37	0.38	0.37

表4. 寧波小（光）溪石の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

光溪石	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	67.22	63.78	67.24	67.73	66.27	66.87	64.23	67.90	68.09	66.94	66.53	62.99
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.32	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.28	0.00	0.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.02	18.32	20.61	19.60	20.49	20.18	18.36	19.42	19.03	16.74	20.15	18.41
FeO	0.08	0.05	0.07	0.11	0.07	0.13	0.08	0.44	0.03	0.13	0.24	0.08
MnO	0.07	0.00	0.00	0.10	0.05	0.04	0.17	0.00	0.12	0.07	0.00	0.09
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.02	0.00
CaO	0.85	0.13	0.98	0.47	1.25	0.82	0.09	0.13	0.02	0.12	0.74	0.08
Na <sub>2</sub> O	10.74	0.65	10.75	11.18	10.41	10.71	0.67	11.06	11.35	0.43	10.45	0.29
K <sub>2</sub> O	0.18	16.08	0.24	0.11	0.21	0.36	16.48	0.62	0.01	15.26	0.26	16.28
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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	99.16	99.33	99.93	99.31	98.75	99.15	100.09	99.60	98.72	100.05	98.39	98.93
O=8.000												
Si	2.96	2.98	2.94	2.98	2.94	2.95	2.98	2.99	3.01	3.07	2.96	2.96
Al	1.04	1.01	1.06	1.02	1.07	1.05	1.00	1.01	0.99	0.90	1.06	1.02
Ti	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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	0.01	0.00	0.00
Ca	0.04	0.01	0.05	0.02	0.06	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.00
Na	0.92	0.06	0.91	0.95	0.89	0.92	0.06	0.94	0.97	0.04	0.90	0.03
K	0.01	0.96	0.01	0.01	0.01	0.02	0.98	0.03	0.00	0.89	0.01	0.97
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
Ca-Na-K	0.97	1.02	0.97	0.98	0.97	0.98	1.04	0.98	0.97	0.94	0.95	1.00
An	4.15	0.64	4.73	2.26	6.15	3.97	0.43	0.62	0.10	0.63	3.71	0.30
Ab	94.81	5.75	93.89	97.12	92.62	93.95	5.79	95.84	99.84	4.08	94.74	2.63
Ol	1.05	93.61	1.38	0.63	1.23	2.08	93.78	3.54	0.06	95.29	1.55	97.07
SiO <sub>2</sub>	1.12	1.06	1.12	1.13	1.10	1.11	1.07	1.13	1.13	1.11	1.11	1.05
AlO <sub>3/2</sub>	0.39	0.36	0.40	0.38	0.40	0.40	0.36	0.38	0.37	0.33	0.40	0.36
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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
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
CaO	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
NaO1/2	0.35	0.02	0.35	0.36	0.34	0.35	0.02	0.36	0.37	0.01	0.34	0.01
KO1/2	0.00	0.34	0.01	0.00	0.00	0.01	0.35	0.01	0.00	0.32	0.01	0.35
CrO <sub>3/2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.38	0.36	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.38	0.38	0.36	0.37	0.35

表 5. 関門層群凝灰質砂岩の化学分析値と長石類 EDX- カチオン値.

関門層群	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	65.23	65.08	68.33	68.30	66.98	65.71	69.14	65.06	65.07	66.47	65.37	64.91
TiO <sub>2</sub>	0.24	0.06	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.09	0.51	0.00	0.09	0.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.75	17.87	20.24	20.80	19.37	18.28	19.53	17.49	18.34	20.10	20.34	18.67
FeO	0.15	0.00	0.01	0.07	0.00	0.41	0.26	0.00	0.31	0.21	0.56	0.15
MnO	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.00	0.02	0.06	0.11	0.05	0.00	0.01
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05
CaO	0.22	0.11	1.03	1.18	0.77	0.61	0.15	0.30	0.29	1.26	0.43	0.36
Na <sub>2</sub> O	2.18	0.92	10.98	11.01	10.63	4.94	11.20	1.11	2.98	10.29	9.07	2.72
K <sub>2</sub> O	13.40	15.75	0.03	0.06	0.00	9.51	0.15	14.47	11.76	0.03	1.99	13.10
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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	99.17	99.79	100.68	101.43	97.76	99.54	100.45	98.58	99.37	98.41	97.91	100.36
O=8.000												
Si	3.01	3.01	2.97	2.95	2.99	2.99	3.00	3.03	2.99	2.95	2.94	2.97
Al	0.97	0.97	1.04	1.06	1.02	0.98	1.00	0.96	0.99	1.05	1.08	1.01
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
Fe	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	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
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
Ca	0.01	0.01	0.05	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.06	0.02	0.02
Na	0.20	0.08	0.92	0.92	0.92	0.44	0.94	0.10	0.27	0.89	0.79	0.24
K	0.79	0.93	0.00	0.00	0.00	0.55	0.01	0.86	0.69	0.00	0.11	0.76
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
Ca+Na+K	1.00	1.02	0.97	0.98	0.96	1.02	0.96	0.97	0.97	0.95	0.93	1.02
An	1.09	0.54	4.92	5.57	3.85	2.92	0.73	1.54	1.47	6.33	2.24	1.72
Ab	19.61	8.11	94.91	94.09	96.15	42.83	98.40	10.28	27.40	93.49	85.43	23.57
Ol	79.30	91.35	0.17	0.34	0.00	54.25	0.87	88.18	71.13	0.18	12.33	74.70
SiO <sub>2</sub>	1.09	1.08	1.14	1.14	1.11	1.09	1.15	1.08	1.08	1.11	1.09	1.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /2	0.35	0.35	0.40	0.41	0.38	0.36	0.38	0.34	0.36	0.39	0.40	0.37
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	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	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
CaO	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
NaO1/2	0.07	0.03	0.35	0.36	0.34	0.16	0.36	0.04	0.10	0.33	0.29	0.09
KO1/2	0.28	0.33	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.31	0.25	0.00	0.04	0.28
CrO3/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.36	0.36	0.38	0.39	0.37	0.37	0.38	0.36	0.36	0.37	0.37	0.36

石と同じ石英、曹長石であったが、大村薩摩塔には正長石が検出された。さらにエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) を用いて長石の化学組成を調べた結果からも、12ポイントの長石の11が曹長石で、輝津館薩摩塔、寧波梅園石と酷似していることが明らかになったが、12ポイントの1つが正長石であった (表 1 a, 図12)。

寧波梅園石は、白亜系下部の湖成層である方岩組地層 (K<sub>1</sub>f) に挟在する凝灰岩層である (寧波市地方志編纂委員会編, 1995; 高津ほか, 2010a)。大木ほか (2009) はその岩石学的特徴から、短時間に湖底に堆積した火砕流堆積物の可能性を指摘したが、一部には異質な岩片を含んでおり、フローユニットの存在も否定できない。本質的に化学組成は同じであるものの、一部の層準にまれに正長石などの鉱物を含む可能性がある。今後、寧波市鄞州区梅錫村華興塘の梅園石の石切場においてフローユニットの確認、異質岩片の有無等について精査を行う必要があるが、今回の岩石学的観察、X 線分析結果から、大村薩摩塔が輝津館薩摩塔と同様に、寧波梅園石に対比でき、方岩組地層 (K<sub>1</sub>f) に挟在する凝灰岩層から切り出されたと考えられる。

薩摩塔について蛍光 X 線分析を行った例として、福岡県太宰府にある薩摩塔がある (加藤, 2009)。Si と Fe を顕著に示し、K と Ca の存在が報告された。非破壊で薄片作成ができなかったために岩石を特定できなかったが、砂岩あるいは凝灰岩の可能性を指摘している。大木ほか (2009) は X 線分析顕微鏡によって輝津館薩摩塔と寧波梅園石の試料を分析し、両試料に共通して認められた元素が Al, Si, Sr, K, Fe, Ca, Zr, Tiであることを報告した。しかし X 線分析顕微鏡による分析では、高速 X 線回折装置とエネルギー分散型 X 線分析装置による分析で高い値が検出された Na 元素は認められなかった。これは、X 線分析顕微鏡の測定範囲が Na から U までで、Na が測定可能な限界に近いために検出されなかった可能性を指摘した。加藤 (2009) の報告も Na 元素が検出されていないが、同様の理由で検出できなかった恐れがある。太宰府の薩摩塔の石材について、今後、偏光顕微鏡、X 線回折装置、エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) による分析が必要であろう。

## 2) 寧波の它山廟付近で採取された小（光）溪石

建築石材として長い歴史を持つ石材に、梅園石と小溪石がある（高津ほか，2010b）。両者とも寧波市周辺に分布する白垩系下部の方岩組地層（ $K_1f$ ）に挟在する凝灰岩と凝灰質砂岩～礫岩である。梅園石が淘汰の良い塊状凝灰岩であるのに対し、小溪石は湖底に堆積した地層で、層理が顕著であるため容易に板状の石材として切り出すことができたと報告されている。本研究で使った小溪石の試料は、寧波の它山廟付近に露出する方岩組地層（ $K_1f$ ）から得られたもので、垂直断面には葉理が認められる。X線回折分析の結果は石英のみが認められたが、X線回折パターンは梅園石や薩摩塔の石材と共通したピークを持ち、エネルギー分散型X線分析装置（EDX）の分析結果からも梅園石や薩摩塔とほぼ同じ長石の組成を持つことがわかった（図12，13）。明らかに成層した堆積岩であるが、梅園石の凝灰岩に重なる小溪石は、梅園石とほぼ同じ鉱物から成り、化学組成も変わらない一連の堆積物と考えて良い。

## 3) 奄美市名瀬幸町，肥後宅の碇石と宇検村生涯学習センターの碇石

高津ほか（2010b）は鹿児島県，沖縄県に現存する碇石を調査し，これらの中に，薩摩塔と同様な中国寧波市周辺に分布する白垩系下部方岩組地層（ $K_1f$ ）と考えられる石材が含まれていることを報告した。その中で寧波梅園石に酷似する，赤味を帯びた灰色で粒子が細かい塊状の凝灰岩を石材とする奄美市名瀬幸町の肥後宅碇石と，宇検村生涯学習センターの碇石について岩石学的分析を試みた。

肥後宅碇石は，寧波梅園石や薩摩塔が鉱物同士でお互いに接し，支持されているのに対し，基質で支持されており，さらに鉱物粒が不明瞭な点でも異なる。X線回折分析では石英のみが認識され，X線回折パターンも異なる。長石の化学組成の分析でも，寧波梅園石や薩摩塔には認められない灰長石が含まれており，灰長石，曹長石，正長石の，まったく異なる長石から構成されていることが特徴として挙げられる。

宇検碇石は，寧波梅園石と輝津館薩摩塔を含めて，今回，分析した石材の中で，まったく異なる様相を呈している。X線回折分析では石英のみが認識されたが，鉱物粒は新鮮で，円磨されずに角張っており基質支持構造を示している。長石も灰曹長石，曹長石，アノソクレス，サニディンから構成され，他の石材と異なる（図13）。おそらく湖成層と考えられ，極めて近い後背地から短時間に運搬され堆積した凝灰質砂岩の可能性が高い。今後，同質の岩石の分布する地域の特定が必要であろう。

## 4) 山口県下関市吉見の海岸で採取した関門層群の赤紫色凝灰質砂岩

白垩系下部の方岩組地層（ $K_1f$ ）と同時代の，日本における白垩系下部の非海成層である関門層群の赤紫色凝灰質砂岩についても比較の目的で岩石学的分析を行った。褐色の基質が半分以上を占め，淘汰の悪い粗粒～微粒砂から成ること，粒子がやや丸みを帯びていることが特徴として挙げられる。分析の結果，石英，シリア雲母が認識され，X線回折パターンは薩摩塔，梅園石の石材とかなり似ている。長石はCaが少なく，曹長石，アノソクレス，サニディンからなることがわかった。宇検碇石の組成に似ているが，灰曹長石は認められない（図13）。

図12-九州の先新第三紀地層図

（地質調査所（1978）：100万分の1日本地質図，地質調査所（1980）：50万分の1鹿児島地質図，寺岡・今井・高村（1981）：九州外帯の地層構造，に基づき簡略化および一部修正（概本）

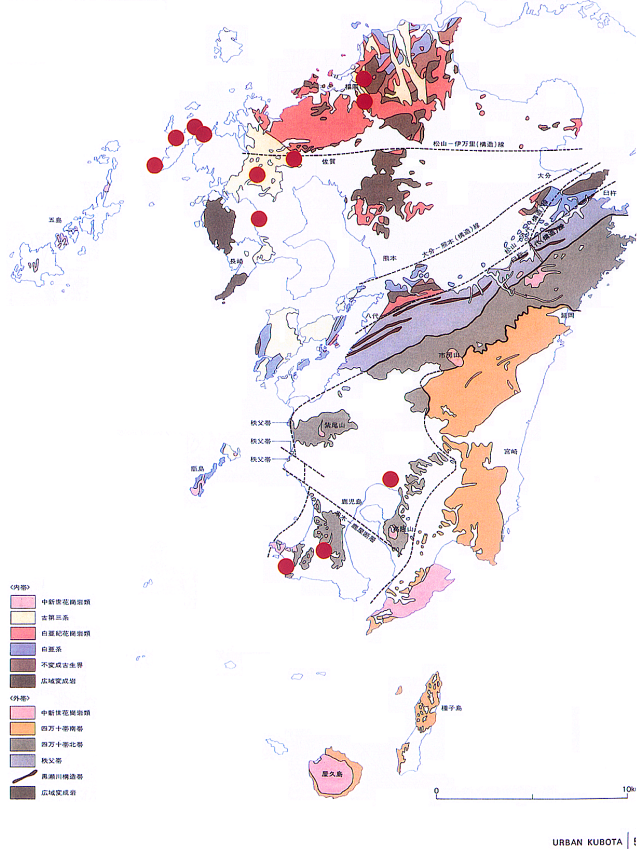


図14. 九州の薩摩塔の分布（久保田鉄工株式会社，1984を引用改変）。

図14に示した薩摩塔群は、関門層群の分布しない九州北西部と南部に点在している。大木ほか（2009）が指摘したように、九州に分布する地層から石材として切り出された凝灰岩に梅園石と同質の石材は報告されていない。また、梅園石の凝灰岩を挟在する方岩組地層（ $K_1f$ ）と同時代の韓国に分布する慶尚累層群や日本の関門層群から同様な岩石化学的組成を持つ凝灰岩層は確認されていない。しかし、今後の調査研究で、梅園石と同じ鉱物化学組成を持つ凝灰岩が発見される可能性も残されている。韓国の慶尚累層群、日本の関門層群や篠山層群中に梅園石の凝灰岩と同質の凝灰岩の存在が明らかになれば、それが石材として使用できなくても、白亜紀後期の湖成層の時空分布、古地理を考える上で重要である。今後の関門層群、篠山層群さらには慶尚累層群の凝灰岩層に関する調査が待たれる。

#### 5) 薩摩塔と碇石の石材と寧波市産の梅園石、小（光）溪石との対比と分類

九州北西部に分布する薩摩塔群と南部に分布する薩摩塔群の内、大村薩摩塔と輝津館薩摩塔のX線化学分析結果を比較し、前者がわずかに正長石を含むものの、両者に含まれる長石のほとんどがCaを含まない曹長石からアノソクレースの限られた組成を持つことが明らかになった。また、X線回折パターンは驚くほど一致する（図11）。中国寧波市の梅園石もこの領域にプロットされ、3者が石英、曹長石で特徴づけられる同じ鉱物組成および化学組成を持つことは、薩摩塔の石材が中国寧波市の梅園石の石切場から切り出され、日本の九州へ船で運搬されたことを示唆している。また、現在の寧波の石切場から採取された梅園石には二次的生成物の緑泥石の一種であるクリノクロアが含まれているが、大村薩摩塔と輝津館薩摩塔には含まれていない。この事実、梅園石の採取した場所の石材に偶然クリノクロアが含まれていた可能性もあるが、薩摩塔がほぼ同時期に同じ場所より採取され、その後に二次的生成物であるクリノクロアが生じた可能性もあり、今後、梅園石の石切場あるいはその周辺の同じ凝灰岩についてクリノクロアの有無を調べる必要がある。

梅園石と同じ白亜系下部の方岩組地層（ $K_1f$ ）に挟在する堆積岩・小（光）溪石は、X線回折の分析結果では石英のみが認められたが、含まれる長石は曹長石と正長石からなり、梅園石に非常に近い組成を持っている。このことから、梅園石の凝灰岩と一連の堆積物と考えられ、凝灰岩が再堆積した可能性を否定できない。

寧波梅園石や小溪石に岩相が似ている奄美市名瀬幸町、肥後宅の碇石は、偏光顕微鏡では堆積岩の小溪石に酷似している。X線回折の分析結果で石英のみが認められ、小溪石と同じ曹長石と正長石に富むが、灰長石も含む点で異なる。岩相、薄片、鉱物、化学組成が小溪石に似ていることから、小溪石の層準に近い方岩組地層（ $K_1f$ ）の可能性もあり、今後、方岩組地層（ $K_1f$ ）の層相変化について調査する必要がある。

今回の岩石学的調査および化学分析の結果から、梅園石と薩摩塔は、岩相、偏光顕微鏡による岩石学的特徴、X線回折の分析パターンと鉱物組成、長石の種類と化学組成のすべてがほとんど同じであることが明らかになった。今後、肉眼的観察のみで判断することは危険であるが、偏光顕微鏡レベルで同定可能である。

寧波地域に分布する白亜系下部の方岩組地層（ $K_1f$ ）の小溪石、およびそれに近いと考えられる肥後宅碇石の石材は、偏光顕微鏡下で鉱物粒が少なく、微細な鉱物粒を含む基質がかなりを占める。ちなみに両者の長石は、肥後宅碇石が灰長石を含む以外は、梅園石と同じ曹長石と正長石からなり、小溪石が梅園石の凝灰岩層の上位に位置することから、凝灰岩層と一連、あるいは再堆積層である可能性が高い。明らかに船でもたらされた碇石の一つが寧波地域に分布する方岩組地層（ $K_1f$ ）から切り出された可能性が高いことは、今後、九州・琉球列島地域と中国との交流の歴史を解明する上で重要なデータと言える。Suzuki *et al.* (2000) が、鷹島海底遺跡より引き上げた元寇沈船碇石の岩石化学的分析を行い、花崗岩碇石の産地が中国福建省泉州であることを報告したことを考え合わせると、九州から琉球列島に点在する碇石の岩石化学的分析を急がなければならない。

## 参考文献

- 加藤和歳, 2009, 太宰府所在薩摩塔の応急的保存修復処置. 九州歴史資料館研究論集, 34, 57-68.
- 久保田鉄工株式会社, 1984, 特集 = 九州の火山と基盤構造. アーバンクボタ, 22, 57pp.
- 黒田吉益・諏訪兼位, 1968, 偏光顕微鏡と岩石鉱物. 共立出版, 343pp.
- 松本達郎, 1951, 蝦夷層群と関門層群. 地質学雑誌, 57, 95-98.
- 寧波市地方志編纂委員会編, 1995, 寧波市史. 中華書局, 130pp.
- 大石一久, 1998, 中世の石造美術「平戸市史 民俗編」. 長崎県平戸市, 563-606.
- 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.
- Suzuki, K., Karakida, Y. and Kamada, Y., 2000, Provenance of granitic anchor stones recovered from the Takashima submerged site: an approach using the CHIME method for dating of zircons. Proc. Japan Acad., 76 (9), Ser. B, 139-144.
- 高津 孝・橋口 亘, 2008, 薩摩塔小考. 南日本文化材研究, 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.