

# 平安宮内建造物群のベンガラ塗装に関する一知見

北野信彦

(くらしき作陽大学・京都市埋蔵文化財研究所客員指導員)

## 1. はじめに

日本の文化は、木の文化であるといわれる。世界文化遺産である法隆寺や元興寺、姫路城や二条城などに代表されるように、日本では古くから寺院伽藍群や城郭御殿舎として大規模な木造建造物が数多く造られてきた。

これら歴史のもしくは伝統的な大規模木造建造物は、常に白木のままであったわけではない。創建当初には建築部材の表面保護の目的から、さらにはこれに権威の象徴や荘厳性を高める目的が付加されて、何らかの外観塗装が施されていた。建造物部材に外観塗装された材料、結果として視覚的に表現される建造物外観の色調は、それぞれの建造物自体のイメージを大きく左右する。そのため、各木造建造物が創建された当初、創建に直接携わった人々、とりわけ為政者側はその色調に極めて注目したことが想定される。

このような外観塗装材料は多岐にわたるが、その代表的なものに赤色顔料であるベンガラがある。本稿では、赤い色相を呈する酸化第二鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) を主成分とした赤色顔料を広義のベンガラと規定する。これらを外観塗装材料として塗布したベンガラ塗装の事例は、飛鳥の法隆寺若草伽藍跡や京都の北白川廃寺跡などから出土した軒平瓦胎部、奈良尼寺廃寺跡の塔芯礎石部分に残存する酸化第二鉄の付着痕跡などがあり、その歴史は古い。一方、「ベンガラ格子の家並み」とも呼称されるように、民家建築の外観塗装にも広くベンガラ塗装は施され、今日に至っている。

筆者はこの点を考慮に入れて、ここ十数年来、古くから広範に使用されてきた木造建造物のベンガラ塗装に関する基礎調査を、主に文化財科学的な視点から進めてきた。その結果、同じ外観塗装材料であるベンガラでも幾つかの種類が存在し、原材料や製法の違いにより赤い色相や個々の顔料粒子の形態には異なる特徴があること、また、各ベンガラの生産技術には、いずれも適確な化学的根拠が存在しており、これらを利用する場合は、何らかの人的な作業工程を経て、初めて均質で安定した数量の顔料調達が可能であったこと、などを理解した(北野・肥塚:1996,1998 北野:2005,2006,2007など)。

本稿では、この応用調査として、平安宮内建造物であった朝堂院や民部省などの関連遺跡から出土した軒平瓦の瓦当部に付着もしくは塗装された赤色顔料に関する文化財科学的な調査を行なった。その結果、これら平安宮内の建造物群に外観塗装されたベンガラ顔料に関する一知見を得たのでその内容を報告する。

## 2. 文献史料からみた古代建造物の外観塗装材料としての赤色顔料

本章では、古代の木造建造物に外観塗装されたベンガラ顔料について、各種文献史料の赤色顔料に関する記述から概観する。

まず、古代宮殿や郡役所、寺院伽藍群などの木造建造物の外観塗装材料に関する記述が管見される文献史料の一つに、和銅六年(713)に元明天皇撰進により編集された『風土記』を構成する『豊後国風土記』がある。この『豊後国風土記』は、大宰府政庁が取りまとめた豊後国(現在の大分県)の地誌である。このなかの「速見の郡」の条には、「赤湯泉」の項目として、「郡役所の西北にある。この湯泉の穴は郡の西北の竈門山にある。周囲は十五丈余り、湯の色は赤くて泥がある。これを使って家屋の柱を塗ることができる。泥は流れて外へ出てしまえば、変じて清水となり、東の方に下って流れる。それで赤湯泉(あかゆ)という」という記述がある(吉田訳:1969)。この文面からは、赤湯泉(あかゆ)の温泉沈殿物である赤泥を、当時の郡役所建造物の柱の塗装材料として使用したと理解されるが、この「赤湯泉」は、現在でも赤泥状温泉沈殿物で有名な別府鉄輪温泉群の源泉の一つである「血の池地獄」に比定されている(写真1)。筆者のこれまでの調査では、この赤泥状の温泉沈殿物にはケイ酸物質とともに非晶質系の鉄成分や酸化第二鉄の赤い結晶粒子が多く含まれており、これを原材料として加熱～水簸工程を経ると良質な赤い色相を有するベンガラ顔料となる。そのため、本来「赤泥ベンガラ」とも規定すべきベンガラ顔料の一つである(写真2、北野:2006)。

一方、『続日本紀』の神亀元年(724)十一月の条には、「太政官奏言」として「其板屋草舎、中古遺制、難<sub>レ</sub>營<sub>レ</sub>易<sub>レ</sub>破。空<sub>レ</sub>彈<sub>レ</sub>民<sub>レ</sub>財<sub>レ</sub>。請<sub>レ</sub>仰<sub>レ</sub>有<sub>レ</sub>司<sub>レ</sub>、令三五位已上及庶民甚<sub>レ</sub>營<sub>レ</sub>者、構<sub>レ</sub>二立瓦舎、塗<sub>レ</sub>為<sub>レ</sub>赤白<sub>レ</sub>。奏可之」、すなわち「五位以上および庶民の営みに堪えるものに令して、瓦舎を構立し、塗て赤白と為せ」という記述がある。これは、平城京内の建造物造営に際して、壁は白塗り、木部は赤塗りにするよう奨励した内容を記録したものである。この場合、「壁を赤壁塗り・白壁塗りと為せ」と解することもできよう。いずれにしても、古代木造建造物の外観塗装に関連した文献史料は稀少である。

次に、平安時代における建造物の外観塗装に関連した記述には、延喜十九年(919)に建立された筑前大宰府安楽寺の菅原道真を祭った祠堂、すなわち今日の大宰府天満宮の建造物建立について触れた同年の『筑前州大宰府安楽寺菅丞相祠堂記』があり、この建造物の外観は、「殿廊門廂、黝塗丹漆」であったと記す。また、天元五年(982)の『池亭記』には、往年の右京に所在した西宮第の様子を象徴的ではあろうが「華堂朱戸」と表現しており、いずれの外観塗装も赤色顔料を使用した塗装であったことが理解される。

このなかで、延長五年(927)編集の『延喜式 附録 和名考異』には、平安宮内で使用された赤色顔料に関連した語句として、「代赭」を「阿加都知 京貞享二本。大宰。○輔仁和名等同。案兼名苑。一名赤土」と規定している(国史大系編集会:1972)。このことから、本来は「赤土」と「代赭」は同義語であったと位置づけられる。

さらに、おなじ『延喜式 卷二十四 主計上』には、「凡諸国輸調」に「赤土一斗五升」とあり、かつ、建造物の造営に関連しても、『同 卷三十四 木工寮』には、「雑材積三千二百寸以下。二千六百寸以上。返瓦十二枚。筒瓦十六枚。鏡瓦九枚。宇瓦七枚。白土、赤土各三斗。沙二斗五升。以下略」という記述がみられる。一方、天慶二年(939)の『政事要略 五十七 交替雑事十七 雑公文事』には、太政官符民部省の記録として、修理職解に諸国から進納される品目である「海草・檜皮・紙・商布・藁」などとともに、「赤土」や、壁材である漆喰材料と考えられる「石灰」が列挙されている。いずれにしてもこの一連の記述からは、中央政庁である平安宮内建造物の造営・補修に際しては、建築材や瓦、檜皮、壁材料である白土や石灰とともに、赤色顔料である「代赭」もしくは「赤土」が使用されていたようである。

それでは、この「代赭」もしくは「赤土」とはどのような赤色顔料であろうか。この点について、時代は大幅に下るが江戸時代の本草書である享和二年(1802)小野蘭山の『重修本草綱目啓蒙』は、「代赭」を「色黒赤ニシテ、破レバ堅クシテ、薄クヘゲルナリ、切り小口ハ鉄ノ如ク光アルナリ、和産ハ濃州赤坂ニアリ、然ドモ未薬店へ出ズ」と記述する(小野訳:1975)。濃州赤坂とは、現在の岐阜県赤坂町内に所在し、この和産の代赭とは、後述するように赤坂町内の「岐阜金生山」産出の天然赤鉄鉱である原石鉱物に相当しよう。これらは、粉碎時に薄鱗状(薄板雲母状)に剥離するという特徴があるが、良質な天然赤鉄鉱は基本的には稀少であるため、実際の薬用には舶来品を調達した方が多かったようである。

この文献史料は、さらに続けて「附録 赤石」として「代赭石ハ、代郡ノ産ニシテ、他国ヨリ出ルナリ、赤キ石或ハ土ハ、日本ニモ処々ニアリ、故ニコノ類ハ多シ」と記述する。また、寺島良安の正徳2年(1712)『和漢三才図会』の「代赭石」の項目には、「須丸、土朱、鉄朱、血師」とした上で、「代赭石は各地の山中にある陽石である。太乙余浪と並んで山狭の中に生じる。これを研れば朱色になり、点書することができる。」として、代赭石を砕いた細粉を赤色顔料とすることをまず述べる。続けて「いま医家が用いているものは多くは大塊で、その上に浮たか丁のような出張った文様のあるのを扱ひ取って勝れたものとしている。これを丁頭代赭という。古処方、紫丸(須丸)で小児を治するには代赭石を用いるが、代赭石の真物ではない。」として、代赭石は基本的には漢方薬として使用することにも触れる。さらに、「ちなみに赭とは赤色のことである。代州(山西の内、雁門)から出る。それで代赭石という。現今、齊州(山東)から赤石が出るが、鶏冠のような色でかつ潤沢である。土地の人はただ採って柱にぬるが、紫色でかつ暗い。-中略-北海の山谷の土石中に赤土のようなものがあり、朱として用いる。これを赤石という。これも代赭の類で、その効能も代赭とそれほどかわらない。おもうに、代赭石は昔はわが国からでたこともあった。いまは絶えてない。中古にもあった。けれども、その性ははっきりしない。それで禁止されている。」とあり、柱などの建造物外観塗装材料として使用された事例にも言及している。いずれにしても、これらの文献史料によると、本来、代赭と代赭石は同じ天然鉱物である赤鉄鉱を原材料としているが、鉱物原石そのものを「代赭石」もしくは「赤石」、これを磨り潰して薬用もしくは赤色顔料とした微細粉末粒子を「代赭」もしくは「赤土」と呼びわけていたようである。

ところが、前記した『重修本草綱目啓蒙』は、「赤土」の項目として、赤土とは「山ヨリ出ル色赤キ土」であると規定しており、『甲斐国志』の「赤土」の項目も、「所在ニアリ、北山筋高成村ノ赤土尤モ佳ナリ、飾レ壁ベシ」と記している。これらの記述からは、赤土とはすべてが天然赤鉄鉱を原材料として、これを粉砕してベンガラ顔料とした微細粉末のみではなく、極めて単純なことではあるが、単に赤い色相が強い天然の堆積土壌を回収して原材料としたものも含まれるようである。その上で、「世今俗ニ赤土ト云ハ黄土ナリ、黄土ヲ焼キタルヲ丹土ト云ヒ、壁ニ用ユ」と記し、建造物の壁土材料には、黄土を焼いた丹土を用いることを述べている。筆者の丹土ベンガラの一つであると考えられる「若狭ベンガラ」の現地調査（写真3）では、鉄分を多く含む黄土もしくは含水酸化鉄や褐鉄鉱性の風化土壌を原材料としてこれを焼くと、夾雑物が多いため個々の顔料粒子は不定形で赤い色相は劣るものの、廉価で量産可能な赤色顔料を獲得することができる。文献史料が「丹土」と称するように、これらは「丹土ベンガラ」とも規定すべきベンガラ顔料の一つであろう（写真4、北野2005）。これ以外にも、人造ベンガラ系である「鉄丹」や「礬紅もしくは弁柄」なども中世から近世には生産されるようになり、各種文献史料の記述では、同じ酸化鉄系（酸化第二鉄； $\text{Fe}_2\text{O}_3$ を主成分としてここから赤い呈色を得る）の赤色顔料であるベンガラ顔料には、幾つかの種類が存在している。

### 3. 外観塗装材料である赤色顔料の調査

これまでの古代木造建造物に関する研究は、建築史学の分野では、建造物の力学的構造や構築技術などに関して、一方、考古学の分野では、基壇構造や礎石・柱穴などの遺構のプランや配置、出土瓦の組成や様式分類、出土建築部材や壁土材の材質分析などに関して、それぞれ数多くの蓄積がある。このような大規模な木造建造物の多くは、『伴大納言絵巻』に描かれた応天門の外観塗装の様子（図1）や、後世の模作ではあるが平安宮内の様子を詳細に描いた現存の『年中行事絵巻』などからも推測されるように、何らかの外観塗装が施されていたようである。もちろん、往年の平安宮建造物群は現在ではすべて消滅しており、当然、当時の建造物の外観塗装の在り方は、前記の平安時代後期の12世紀頃に制作された絵巻物などの絵画史料以外では基本的には知る由も無い。

ところが、幸いなことに、考古学的な発掘調査の成果として年代観がある程度確定される出土遺物には、ごくまれにはあるが建造物の塗装材料の痕跡が付着もしくは残存している場合がある。これらには、(1)屋根に葺かれた軒平瓦などの出土瓦に付着した赤色顔料のハケ塗り痕跡、(2)礎石直上に残存した赤色顔料の痕跡、(3)出土した建築部材そのものの表面に残存した赤色顔料、などがあり、いずれも古代木造建造物に外観塗装された赤色顔料の当時の状況を知る上で、極めて有効で稀少な物的証拠である。このうちの(1)に関連した状況は、今日でも薬師寺東塔などの古代由来の木造建造物を注意深く観察すると、瓦座部材に接した軒平瓦の一部に、部材に外観塗装された赤色顔料の一部がハケ塗り付着している状況を確認することができる（写真5-1,5-2）。す



なわち、この赤色顔料を調査することは、建造物の外観塗装の状況を把握することをも可能になることを意味するのである。

本稿が調査対象とする平安京内の平安宮部分は、延暦十三年（794）に長岡京から遷都された平安京の北端中央に所在しており、現在の千本通を中心軸とした御前通から大宮通にかけての東西約1146m、一条大路から二条大路にかけての南北約1392mに広がるエリアと推定されている。朱雀門を南正面門とした正面奥には、『伴大納言絵巻』にも描かれる応天門を南門として、『年中行事絵巻』などにも描かれる大極殿建造物を中心とした朝堂院が所在する。この西側には、朝堂院の対になる形で豊楽門を南門とした豊楽院が、また北東には建礼門を南門として、紫宸殿や清凉殿などを中心に構成された天皇の住まいであった内裏が、さらにこれらの周囲には中務省や太政官、民部省などの政庁建造物群が配置されていたようである(図3)。これまでの発掘調査では、鬼瓦や鴟尾を含む平安時代前期頃の出土緑釉瓦群や垂木先端飾金具などの建造物関連資料が重要文化財に指定された豊楽殿跡、内裏内郭回廊跡（国指定史跡）や大極殿回廊跡、承明門跡、蔵人町屋跡や酒造司倉庫跡などの平安宮内中枢の木造建造物関連遺構が検出されている。

本稿では、これら平安宮内の発掘調査で出土した唐草文軒平瓦のうち、瓦当部に赤色顔料の痕跡が明確に確認される平安時代前期頃の資料合計7点を取り上げた。なお、京都市内ではこれ以外にも、木村捷三郎氏収集の軒平瓦の中に赤色顔料の痕跡が確認される資料が幾例か管見される。しかし、残念ながらこの資料群は、発掘調査を伴わない表採の収集資料であるため、本稿ではあくまでも参考事例に留めることとした。

また、本稿では、前記した文献史料にも記述されている「美濃赤坂の代赭」に相当すると考えられる岐阜金山産天然赤鉄鉱の原石鉱物を粉碎した微細粉末粒子も、出土瓦にみられる赤色顔料の性質を理解する上で参考となると考え、比較標準試料として取り上げた。以下、本稿で取り上げた調査対象試料と分析調査方法、調査結果を記す。

### 3.1 調査対象資料

#### 3.1.1 木造建造物の外観塗装材料に関する痕跡を有する出土資料

##### (試料1) 平安宮朝堂院跡（80HK-HJ）出土軒平瓦付着の赤色顔料

平安宮朝堂院跡(略番号80HK-HJ地区)は、中京区聚楽廻東町7の二条保育園敷地内に所在しており、1980年度に(財)京都市埋蔵文化財研究所により181㎡の発掘調査が行なわれた。当該地点は、平安宮朝堂院龍尾壇跡と延休堂跡に近接しており、朝堂院に直接伴う遺構は検出されなかったが、緑釉瓦を含む軒丸瓦や軒平瓦を中心として、これに鬼瓦・鴟尾を含む出土瓦が充填された瓦溜土壇（近世の聚楽土採取の土取穴を後年利用したと考えられる）が2基、同じく近世以降の溝跡1条・柱穴6基が検出された（図4）。平安時代前期頃に比定される土師器・須恵器・緑釉陶器・灰釉陶器などとともに出土した瓦溜土壇出土の瓦類は、いずれも朝堂院関連の木造建造物に葺かれた貴重な資料群であると考えられている。この瓦溜土壇出土瓦のうち、緑釉瓦ではないが良好な焼

締め胎土からなる軒平瓦には、鮮やかな赤い色相を呈する赤色顔料のハケ塗りがある一定の幅をもって瓦当部に明確に塗装付された資料が幾例か含まれており、本稿ではこのうちの残存状況が良好な鎮守庵瓦窯もしくは角社瓦窯産の西賀茂系軒平瓦5点に塗装された赤色顔料を調査対象の(試料1群)として供した(写真6-1,6-2,6-3,6-4,6-5,6-6,6-7,6-8,6-9,6-10)。いずれも、緑釉瓦などとともに使用された平安時代前期の平安宮朝堂院中枢建造物の外観塗装材料の状況を知る上で極めて稀少な試料群である。

#### (試料2) 平安宮民部省跡(83HK-LI) 出土軒平瓦付着の赤色顔料

平安宮民部省跡(略番号83HK-LI地区)は、上京区竹屋町通東入ル主税町911の二条中学校敷地内に所在しており、1983年度に(財)京都市埋蔵文化財研究所により620㎡の発掘調査が行なわれた。当該地点は、平安宮民部省内の主税寮の南西部にあたる。発掘調査の結果、敷地の南西部隅を挟んだ南北16mと東西40mにわたる南・西限の築地土壇跡と、この築地内外側溝の東西4間と南北2間分に伴う柱列、東西築地の外側に崩壊した築地瓦整理に伴う瓦溜土壙など、民部省主税寮跡に直接伴う遺構が多数検出された(図5)。この瓦溜土壙からは、多数の軒平瓦や軒丸瓦などの瓦類とともに、「主税口、五月一日」の墨書により当該地点の所在が確認される灰釉碗をはじめとする灰釉土器・緑釉陶器・製塩土器・土師器・須恵器など、平安時代前期から中期頃に比定される遺物が出土した。この地区の出土瓦類の特徴の一つは、平城京式や長岡京式、さらには藤原京式をも含む多くの搬入軒瓦が確認されたことであり、平安時代前期頃には同一形式の瓦ではなく多種多様な瓦が使用されていたようである。いずれにしても、遺構の切り合いや遺物の出土状況から平安時代中期に崩壊した瓦を廃棄したと考えられる瓦溜土壙出土の瓦類は、朝堂院建造物関連の試料1群と並行した時期の平安時代前期に民部省主税寮の築地屋根に葺かれた貴重な資料群である。このうちの平城宮6663型出土軒平瓦には、赤色顔料のハケ塗り痕跡が瓦当部に付着した資料が2点確認された(写真7-1,7-2,7-3,7-4)。本稿では、これら赤色顔料を調査対象試料の(試料2群)として供した。

#### 3.1.2 天然赤鉄鉱である原材料の粉碎物(参考試料)

##### (試料3) 美濃赤坂の代赭

美濃赤坂は、尾張・美濃の東海地域から近江さらには京都へとつながる交通の大動脈であった東海道沿いに所在し、「壬申の乱」や「関ヶ原の戦」などの歴史の舞台ともなった古代からの交通の要衝である(写真8)。この赤坂町内に所在する金生山鉾山は、今日でも石灰岩の採掘で有名であるが、ここからは古くから赤鉄鉱の鉾石も採掘されており(写真9)、中世段階にはこの鉄鉾石を使用した刀剣生産も行なわれていたようである(八賀:1999)。また、前章でも触れたように、江戸時代の本草書の『本草綱目啓蒙』は、天然赤鉄鉱である「代赭」を「和産ハ濃州赤坂ニアリ」と述べている。

今回、(独)文化財研究所 奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター 保存修復科学研究室の肥塚隆保室長のご好意により、美濃金生山産天然赤鉄鉱の原石鉾物小破片の提供を受け、これを粉碎した

微細粉末粒子を「赤土ベンガラ」の標準試料(試料3)として供した。

## 3.2 分析方法

### 3.2.1 分析対象試料である赤色顔料の採取

出土瓦のうち、赤色顔料の付着が明確に観察される軒平瓦について、まず瓦表面の土壌をエタノール液を用いてクリーニングした後、残存状態が良好な部分3箇所から粘着性があるカーボンテープを密着させて1～2mm角の赤色顔料の剥落片を注意深くサンプリングした。これを電子顕微鏡観察およびEPMA分析用のカーボンテープ上に固定して分析試料として供した。

### 3.3.2 無機元素の定性分析

試料の成分分析は、あらかじめ分析用カーボンテープに瓦当部から剥ぎ取り固定した赤色顔料について、くらしき作陽大学北野研究室設置の(株)堀場製作所MESA-500型の蛍光X線分析装置を使用して分析した。設定条件は、分析設定時間は600秒、試料室内は真空状態、X線管電圧は15kVおよび50kV、電流は240 $\mu$ Aおよび20 $\mu$ A、検出強度は200,000～250,000cps、定量補正法はスタンダードレスである。

### 3.2.3 赤色顔料の粒子形態の観察

各試料の粒子形態の観察として、赤い色相が良好に観察される部分の集合体粒子について、走査型電子顕微鏡を用いて画像(SEM画像)観察した。各試料は、少量カーボン台に取り付け、まず100倍～2,500倍の低倍率観察を走査電子顕微鏡(日立製作所製S-415型)にエネルギー分散型X線分析装置(EDS;堀場製作所製EMAX-2000型)を連動させてマッピングを行い、鉄(Fe)が検出される部分を中心に画像観察した。マッピング分析の設定時間は600秒である。

次に、個々の顔料の粒子形態を詳細に観察するための30,000～50,000倍の高倍率画像観察を、(株)日立製作所分析センターにおいて、日立製作所製S-3000型およびS-3200N型走査電子顕微鏡を用いて行なった。各試料は、先のカーボン台に取り付けた試料のうち、実体顕微鏡および金属顕微鏡観察で赤い色相の物質の集積が良好であり、かつ電子顕微鏡観察で鉄(Fe)がマッピング検出された部分を中心に観察した。

### 3.2.4 赤い色相の測色測定

各試料の赤い色相の測色は、まず新版標準土色帳のマンセル標示色見本(農林水産省農林水産技術会議事務局 監修・日本色彩研究所 色表監修;1991年版)と各試料の色相を自然採光条件下で比較して行なった。引き続き、(財)元興寺文化財研究所・保存科学センター設置の(株)ミノルタ製測色計(スペクトロフォトメータCM-2600d)を用いて測色の測定を行なった。測定条件は、マスクグロス;M/SCI、UV設定;100%、光源;D-65、観察視野;10°、色補正;0と白、自動側色;3回平均、である。なお表色系はL\*、a\*、b\*で表示し、a\*/b\*で算出したが、測色測定値の正確さを期すために、測色箇所を替えながら5回計測して中3つの平均値を求めた。

### 3.2.5 鉱物結晶相（化合物）の同定

文献史料が古代建造物の塗装材料として用いたと記載する「赤土」もしくは「代赭」に相当すると考えられる天然赤鉄鉱である(試料3)の結晶鉱物相（化合物）材料の同定は、(株)リガク応用技術センターのご協力を得て、X線回折分析装置（リガク製RINT-2500型）と定性ソフトウェア（JADE-6）を使用して分析した。測定条件は以下のとおりである。対陰極はCu-K $\alpha$ 、X線管電圧は50kV、X線管電流は30mA、検出器はシンチレーションカウンタ、走査速度は1度/1分、走査範囲は5-90度、散乱スリットは1deg.で受光スリットは0.15mm、モノクロメーターは使用である。

### 3.2.6 示差熱分析

各試料の基本的な性状を理解するための示差熱分析を、(財)元興寺文化財研究所 保存科学センターのご協力を得て行った。示差熱分析(DTA)には、リガク電気製示差熱天秤装置TG-8101P型を使用した。昇温速度は10℃/1分で分析設定室温は1000℃まで行った。なお比較標準試料には酸化アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を用いた。

## 3.3 調査結果

各試料の分析検討を行った結果、次のような基礎的データの蓄積を得た(表1)。まず、軒平瓦に付着した赤色顔料の構成無機元素を蛍光X線分析した結果では、いずれの試料からも鉄(Fe)が強く検出され、水銀(Hg)や鉛(Pb)は検出されなかった(図6,7)。また試料3も、試料1,2群と同様に、鉄(Fe)が強く検出された(図8)。この試料3については、併せてX線回折分析による鉱物結晶相の分析を行ったが、その結果、酸化第二鉄(hematite:  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )の鉱物結晶相を確認した(図9)。そのため、各試料は、水銀(Hg)を主成分とした朱(辰砂もしくは水銀朱; HgS)や鉛(Pb)を主成分とした鉛丹(四酸化三鉛;  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )顔料ではなく、いずれも酸化鉄を主成分としたベンガラ(酸化第二鉄;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )顔料であると同定した。ただし、細かく各試料群の構成無機元素の構成をみると、試料3では、鉄(Fe)以外では、金生山産天然赤鉄鉱母岩由来と想定されるカルシウム(Ca)や砒素(As)が比較的強く検出されている(図8)。一方、鎮守庵瓦窯もしくは角社瓦窯産の西賀茂系軒平瓦に付着した試料1群は、鉄(Fe)以外には、土壌夾雑物由来の無機元素も含まれようが、シリカ(Si)、硫黄(S)、カリウム(K)、チタン(Ti)、砒素(As)などの微量無機元素が確認された。また、平城京搬入軒平瓦(平城宮6663型瓦)に付着した試料2群には、アルミニウム(Al)、シリカ(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マンガン(Mn)などの微量無機元素が確認され、それぞれの傾向は異なっていた(図6,7)。

次に、各試料における個々の顔料粒子の形状と集合形態を電子顕微鏡による50,000倍の高倍率観察で行った。その結果、試料I群の西賀茂系軒平瓦に付着した赤色顔料は、いずれも0.3~0.5  $\mu\text{m}$ 程度で厚みは0.05  $\mu\text{m}$ 以下の扁平な微薄片の六角板状型もしくは薄魚鱗状(薄板雲母状)の形態を呈していた(写真10,11,12-2,13,14)。また比較標準試料である試料3を磨り潰した個々の顔料粒子も、試料1群のそれに比較するとやや不均一ではあるが基本的には類似した形態を有する

微細粉末粒子の集合体であった（写真15）。

一方、試料2の平城京系搬入軒平瓦に付着していた赤色顔料は、これらとは大きく異なり、金属顕微鏡を用いて200～400倍の低倍率でこのベンガラ顔料を観察した結果では、良好な赤色を呈する中空円筒状（パイプ状）の形状集合体が多数確認された。さらに、電子顕微鏡によるSEM画像でも、0.1  $\mu\text{m}$ 前後のベンガラ粒子が一定の規格性（らせん状）をもって1  $\mu\text{m}$ 程度の直径を有する中空円筒状（パイプ状）の形状を呈する集合体が明瞭に観察された（写真16-1,16-2,17-1,17-2）。そのため、試料1群と試料2群は同じ酸化鉄系のベンガラではあるものの、基本的な由来は明らかに異なることがわかった。ただし、詳細に各試料の赤色顔料を電子顕微鏡観察すると、試料No.1-Cの赤色顔料の中には、試料2群の特徴である中空円筒状（パイプ）状の形状を呈するベンガラが極めてごく微量ではあるが混入している点も同時に観察された（写真12-1,12-3）。これは重要な点である。

次に、各試料の赤い色相を調査した結果、試料1群の軒平瓦付着の赤色顔料は、いずれもやや紫赤色系（マンセル表示：7.5R4/8、赤:red）を呈しており、試料3（マンセル表示：7.5R4/8、赤:red）と基本的に類似した系統の赤色であった（図10）。しかし、試料2群の平城京系搬入軒平瓦のそれは、やや真紅系が勝っており（マンセル表示：10R4/6、赤:red）、両者、良好な赤色を呈するものの赤い色相の色系統は若干異なっていた。

ところで、通常、堅牢な原石鉱物を粉砕して磨り潰し、微細粉末の顔料にする方法は、一旦試料を高温加熱してから水などに漬けて急冷して脆弱にさせる方法が用いられる。

本稿では、試料3を例として、天然赤鉄鉱の原石鉱物の加熱に対する物性変化を改めて検討するために示差熱分析を行った。その結果、減量曲線・示差熱曲線ともに700～720℃前後に明瞭な減量・発熱の変化ラインのピークが確認された（図11）。

#### 4. 考察

以上、本稿では、平安宮内朝堂院跡エリアから出土した鎮守庵瓦窯もしくは角社瓦窯産の西賀茂系軒平瓦5点（試料1群）と、民部省主税寮跡エリアから出土した平城京搬入軒平瓦（平城宮6663型瓦）2点（試料2群）の合計7点の出土軒平瓦を取り上げ、この瓦当部に付着もしくは塗装されていた赤色顔料の各種分析を行った。

まず、これらの構成無機元素を蛍光X線分析した結果、いずれの試料からも鉄（Fe）が強く検出されたため、酸化鉄を主成分としたベンガラ（酸化第二鉄； $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）顔料であると同定した。その一方で、試料1群では、鉄（Fe）以外としてシリカ（Si）、硫黄（S）、カリウム（K）、チタン（Ti）、砒素（As）などの微量無機元素が、試料2群ではアルミニウム（Al）、シリカ（Si）、カリウム（K）、カルシウム（Ca）、マンガン（Mn）などの微量無機元素が確認された（図6,7）。これらは、基本的には埋没土壌や瓦の胎土といった外部汚染による夾雑物質であるとも考えられるが、原石鉱物や原材料などの各種ベンガラの生成由来を反映している可能性もある。これは、岐阜金生山産天然赤鉄鉱の起源は、

母岩である金生山石灰岩の鉄分集積に求められているが、本調査でも先行研究同様にこれを裏付けるようにカルシウム(Ca)や砒素(As)が強く検出された点(図8,表2、八賀:1999)。また、試料2群は、鉄(Fe)とともに比較的強くマンガン(Mn)が検出されたが、この由来は後述する理由で本試料群との関連性が想定される「パイプ状ベンガラ」の原材料である溶解性第一鉄 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) や溶解性マンガン ( $\text{Mn}^{2+}$ ) を酸化させて炭酸固定のエネルギーを得る好気性独立栄養細菌の総称である鉄バクテリア(鉄細菌)の主要構成無機物である鉄(Fe)とマンガン(Mn)に由来する可能性がある点を考慮したためである(図12, 荒木ほか:1985)。

次に、各試料における個々の顔料粒子の形態を電子顕微鏡による50,000倍の高倍率観察した結果、試料1群の軒平瓦に塗装されたベンガラ顔料は、いずれも0.3~0.5  $\mu\text{m}$ 程度で厚みは0.05  $\mu\text{m}$ 以下の扁平な微薄片である六角板状型もしくは薄魚鱗状(薄板雲母状)の微細粉末粒子の集合体であった(写真10,11,12-2,13,14)。一方、試料3の天然赤鉄鉱を粉砕して磨り潰した微粉末粒子の個々の形態も、江戸時代の本草書が「破レバ堅クシテ、薄クヘゲルナリ」と記述するように、形態や大きさは前者に比較すると若干均一さには欠けるものの、基本的には試料1群のベンガラの粒子形態と個々の顔料粒子の形態は極めて類似した結晶形態を呈していた(写真15)。天然赤鉄鉱の原石鉱物は、生成母岩の形成過程の違いを反映して、それぞれの酸化第二鉄の結晶構造の形態も異なるとされる(地団研:鳴崎分担:1970)。そのため各試料における酸化第二鉄の微細粉末粒子の結晶形態の微妙な違いはこの点を反映したものであると考える。

また、試料1群の赤い色相は、いずれも紫赤色系がやや強い赤い色相(マンセル表示:7.5R4/8, 赤:red)を呈していたが、これも試料3とほぼ同系統の赤い色相である(図10)。そのため、平安宮朝堂院跡出土軒平瓦に塗装されていた赤色顔料は、いずれも天然赤鉄鉱の原石鉱物を磨り潰して作成した赤い色相が良好であり、かつ材料学的にも安定したいわゆる「赤土ベンガラ」として同定した。この点に関連して、『延喜式』などの平安期の文献史料には、平安宮内建造物に外観塗装材料として使用された赤色顔料は、「赤土」もしくは「赭石」という固有名詞が管見される。これは、時代は大幅に下るものの江戸時代の各種本草本に記述される「赤土ベンガラ」、すなわち、天然赤鉄鉱を原材料とし、これを磨り潰して木造建造物の塗装材料などに使用したベンガラ顔料に相当しよう。今回、平安時代前期頃に生産年代が求められる西賀茂系軒平瓦に付着もしくは塗装された赤色顔料に「赤土ベンガラ」が確認されたことは、当時の平安宮朝堂院関連建造物にも、良好な赤い色相を呈する天然赤鉄鉱起源の良質なベンガラが調達され、外観塗装に塗装されていたことをも意味しよう。

一方、試料2群は、いずれも直径1  $\mu\text{m}$ 、長さは長いもので約20  $\mu\text{m}$ におよぶ中空円筒状の特異な形状を有していた(写真16-1,16-2,17-1,17-2)。このベンガラ顔料の粒子形態は、試料1群や試料3の「赤土ベンガラ(写真10,11,12,13,14,15)」や前記した文献史料にも登場する「赤泥ベンガラ(写真2)」や「丹土ベンガラ(写真4)」、後世に登場する人造ベンガラ系である乾式法からなる「鉄丹ベンガラ(写真18)」や「礬紅もしくは弁柄と呼称されるローハベンガラ(写真19)」の0.1  $\mu\text{m}$ 程度の微細な球状粒子構造、さらには湿式法からなる「現代のベンガラ(写真20)」のやや成長がよい粒子構造の

それとは大きく異なっていた。また、試料2群の赤い色相も、試料1群や試料3が紫赤色系がやや強い赤色であることと比較して、やや真紅系が勝った赤色であり（マンセル表示：10R4/6、赤:red）、双方、基本的には良好な赤色を呈するものの赤い色相の系統は若干異なっていた。

この特異なベンガラ粒子の形態は、自然界に広く分布する二価の鉄イオンを三価の鉄に替える力をエネルギーとして生息する鉄バクテリア(*Leptothrix Ochracea*)の鞘状殻の形状に由来し、これらを原材料としたベンガラ顔料を文化財科学の分野では通称「パイプ状ベンガラ」と呼称する。原材料である鉄バクテリアは、主に停滞水が豊富な湿地の環境下で赤褐色もしくは黄褐色を呈して沈殿もしくは綿屑状に浮遊して密集生息するが、それ自体の鞘状殻には鉄酸化物の沈着物質が豊富である（写真21,22-1,22-2）。このような純度の高い鉄イオンの集合体物質を回収して、酸化促進剤（硫酸物質である強酸性の温泉水など）を添加して700℃ほどの設定温度で加熱すると、良好な赤色を呈するベンガラ顔料を獲得することが可能である（北野:2007）。しかし、鉄バクテリアの回収量自体は概して少ないため、量産化には不向きである。そのため、古い年代の赤彩土器や赤色漆、装飾古墳の使用顔料などの少量使用には対応できても、古代寺院伽藍群や宮殿建造物群などの木造建造物の外観塗装材料としては、安定的な供給が困難であるため不適であると考えられていた。事実、歴史時代の出土資料では、尼寺廃寺跡塔芯礎石と北白川廃寺跡出土軒平瓦付着赤色顔料の二例（北野:2003,2006）が、また、伝世品ではあるが正倉院御物である彩絵仏像幡の幡脚塗装赤色顔料の一例（成瀬2004）が、以上、これまでは三例の報告例に留まっていた。

本稿で調査を行なった試料2群の二点のベンガラ顔料は、顔料粒子の形態的特徴からは、量産には向かないものの純度が高く良好な赤い色相を呈するいわゆる「パイプ状ベンガラ」と同定されるため、その意味では歴史時代の資料では四例目の報告となろう。ただし、この赤色顔料が付着していた軒平瓦は、いずれも平城京系搬入瓦である。そのため、これが外観塗装されていた木造建造物自体は、この瓦が葺かれていた最終段階の平安時代前期～中期頃の民部省主税寮の築地塀に求めるのか、更に遡る長岡京、さらには平城京内建造物に求めるのかは現時点では結論は見出し得ない。ただし、試料No.1-Cの赤色顔料の中には、試料2群の特徴である中空円筒（パイプ）状の形状を呈するベンガラが極めてごく微量ではあるが混入していた（写真12-1,12-3）。これは意識的に2種類のベンガラ顔料を混和して使用したというよりは、付近で使用されていた「パイプ状ベンガラ」が何らかの理由により微量ではあるが偶然混入したのではないかと推定した。もちろん今後、さらなる類例の充実を図る必要があるが、少なくともこのタイプの搬入の軒平瓦が使用された木造建造物は、中枢を為す大型伽藍建造物である可能性が高いことは大方の納得を得られるものであろう。そのため、平安宮の中央政庁建造物の外観塗装材料として「パイプ状ベンガラ」が使用された可能性は極めて高いものと考えている。

さて、飛鳥・白鳳期から平安期に至る古代木造建造物の外観塗装材料には、「赤土ベンガラ」と「赤泥ベンガラ」の使用が文献史料には管見されるが、実際は鉄分を多く含む黄土を焼いて作成するため、量産には向くものの、赤い色相や材料学的な安定性にはやや劣る「丹土ベンガラ」の使用が多かったようである。この点に関連して、朽津信明は、近畿地方を除く多賀城廃寺から薩摩国

分寺までの東北から九州に至る地方31遺跡の白鳳期から奈良時代（7世紀後半から8世紀後半）にかけて造営された古代国分寺や国分尼寺をはじめとする古代寺院および廃寺跡、太宰府および多賀城政庁跡などの出土軒平瓦付着の赤色顔料の測色測定および簡易蛍光X線分析装置による元素分析、実体顕微鏡観察を行なった（朽津:2006）。その結果、いずれの出土資料も酸化鉄を発色の主要因とする広義のベンガラ顔料であるが、色のスペクトル波形や元素分析による鉄の検出状況、さらには実体顕微鏡観察を行なった資料では不純物と見られる透明粒子が認められたと報告している。そのため、これらは「赤土」や「代赭」などのような鉱物系の純粋なベンガラとは考えにくく、いずれも「不純なベンガラ」であると朽津が評価する「丹土ベンガラ」に相当しよう。筆者も、尼寺廃寺跡・元興寺・平等院鳳凰堂などの出土軒平瓦に付着した赤色顔料のなかで「丹土ベンガラ」の使用例を確認している（北野:2003,北野ほか2004）。

本稿で調査を行なった平安宮内出土軒平瓦に付着もしくは塗装されていたベンガラ顔料は、これとは明らかに異なり、赤い色相や材料学的な安定性にも優れた天然赤鉄鉱の原石鉱物を原材料とした「赤土ベンガラ」、量産には向かないものの赤い色相は良好な「パイプ状ベンガラ」などの異なる二種類のベンガラ顔料が確認された。このことから、『伴大納言絵詞』や『年中行事絵巻』などの絵画史料に描かれた往年の平安宮内建造物群には、当時でも良質なベンガラ顔料を意識的に吟味して調達し、これを外観塗装した建造物の実在が想定された。

しかし、これら異なる二種類のベンガラ顔料を用いた塗装が、平安時代前期の平安宮内建造物自体の性格や塗装箇所の違いに応じて、それぞれ使い分けられていたかどうかは、あくまでも試料2群の軒平瓦が平城京系搬入瓦である点を考慮すると、厳密には現段階では由来を明言できない。ただし、試料I群の軒平瓦には、わずかながらも二種類のベンガラ顔料が共存して確認されたため、その可能性が高いものとする。

## 5. まとめと今後の課題

以上、本稿では、平安宮内の朝堂院や民部省などの中央政庁関連遺跡から出土した軒平瓦に付着もしくは塗装されていた赤色顔料7試料の各種分析を行なった。

調査の結果、これらの赤色顔料は、いずれも赤い色相が良好なベンガラ顔料であった。このうちの朝堂院跡から出土した西賀茂系軒丸瓦のベンガラ顔料は、いずれも天然赤鉄鉱の原石鉱物を磨り潰した参考試料と赤い色相や個々の顔料粒子の形状や集合状態が類似した、いわゆる「赤土ベンガラ」であった。

古代国家成立以降には、宮殿や政庁・郡役所建造物群、中央官寺や地方の国分寺・国分尼寺の古代寺院伽藍群など、中央・地方それぞれに大規模の木造建造物の建造が盛んとなる。これらの外観塗装としてベンガラ塗装が為されたことは、出土資料に付着した赤色顔料の痕跡からも推察される。このことは、それまでの少量の使用が基本であったベンガラ顔料の生産に対しても、社会の要請としての大量需要と、それに対応するための安定供給の必要性が高まったことをも意味し



よう。この点を反映したためか、奈良時代から平安時代にかけての古代木造建造物に外観塗装された赤色顔料には、赤い色相や安定性には若干劣るものの量産可能な「丹土ベンガラ」の使用例が多いことが、先行研究からも指摘されている(朽津:2006)。

奈良時代以降は、国家事業とも位置づけられる鉱山開発の活発化に伴い、天然赤鉄鉱を原材料とした良質な「赤土ベンガラ」のシステムチックな調達も中央政庁では可能となったことが考えられる。平安宮内建造物群の一部のベンガラ塗装材料は、産地は不明であるものの、このような「赤土ベンガラ」の実例であろう。

その一方で、使用状況は今後の検討課題ではあるが、民部省主税寮跡出土軒平瓦には、赤い色相は良好であるものの量産化には不向きな従来型の「パイプ状ベンガラ」が確認された。また、朝堂院跡出土軒平瓦に付着もしくは塗装されたベンガラ顔料の中にも、ごく微量ではあるがこの「パイプ状ベンガラ」が混入した状態で観察された。

今後の課題は、赤い色相や品質は劣るものの、大量需要に対応可能で汎用性や利用度が高いと考えられる「丹土ベンガラ」の使用事例の追求も併せ、平安宮内建造物における様々な時と場所に応じたベンガラ塗装の在り方の詳細を解明することである。そのためには、調査事例の充実を図る必要があることは言うまでもない。また、本稿では可能性を指摘するに留まった赤土ベンガラの調達に関連して、原材料の天然赤鉄鉱の由来を特定するなど、産地推定に関する基礎調査も併せて進めたい。

## 謝辞

本調査を進めるにあたり、試料収集および考古学的考察に関して、長宗繁一・鈴木久男・辻純一・竜子正彦・小森俊寛・原山充志氏をはじめとする多くの方々には大変お世話になりました。また、参考試料である美濃金山産出の天然赤鉄鉱の原石鉱物試料を(独)文化財研究所 奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター 保存修復科学研究室の肥塚隆保室長から提供を受け、同 建造物研究室の窪寺茂室長や、同 東京文化財研究所の朽津信明主任研究員ともども古代建造物のベンガラ塗装に関する貴重な御教示を受けました。さらに、X線回折分析は(株)リガク電気応用分析センターに、色相分析および示差熱分析は(財)元興寺文化財研究所のお世話になり、電子顕微鏡写真撮影は(株)日立製作所分析センターで行いました。併せて心から謝意を表します。

## 引用文献

- 荒木峻・沼田真・和田攻 編集 (1985) 『環境科学辞典』 p.540、東京化学同人  
 今堀和友・山川民夫 (1996) 『生化学辞典』 p.881-882、東京化学同人  
 小野蘭山 (1975) 『本草綱目啓蒙 1 東洋文庫531』 平凡社  
 北野信彦・肥塚隆保 (1996) 「近世におけるベンガラの製法に関する復元的実験」『文化財保存修復学会誌 vol.40』 p.35-47、文化財保存修復学会 (旧古文化財科学研究会)  
 北野信彦・肥塚隆保 (1998) 「江戸時代における鉄丹ベンガラの製法に関する復元的実験」『文化財保存修復学会誌 vol.42』 p.26-34、文化財保存修復学会

北野信彦

- 北野信彦・降幡順子・原祐一・成瀬晃司・堀内秀樹・肥塚隆保（1999）「出土資料からみた江戸時代における鉄丹ベンガラの製法について」『文化財保存修復学会誌 vol.43』 p.106-119文化財保存修復学会
- 北野信彦（2003）「尼寺廃寺出土遺物に付着した赤色顔料に関する調査」『尼寺廃寺 -北廃寺の調査-』 p.95-98、香芝市教育委員会・香芝市二上山博物館編
- 北野信彦・朽津信明・辻賢三・杉本宏（2004）「平等院鳳凰堂の外観塗装材料に関する文化財科学的調査」『鳳翔学叢 創刊号』 p.1-19、平等院
- 北野信彦（2005）「丹土ベンガラの製法に関する基礎的調査」『研究紀要38-1』 p.53-69 くらしき作陽大学
- 北野信彦（2006）「北白川廃寺跡出土瓦に付着した赤色顔料に関する調査」『京都市内遺跡発掘調査報告 平成17年度』 p.36-38、京都市文化市民局
- 北野信彦（2006）「古代木造建築物におけるベンガラ塗装の研究 I -豊後国風土記に記された「赤湯泉（あかゆ）」の温泉沈殿物に関する基礎的調査-」『考古学と自然科学 vol.54』、 p.35-52、日本文化財科学会
- (財)京都市埋蔵文化財研究所（1990）『昭和58年度 京都市埋蔵文化財調査概要』
- (財)京都市埋蔵文化財研究所（1995）『平安宮 I 京都市埋蔵文化財研究所調査報告 第13冊』
- 朽津信明（2006）「古代地方寺院の外観塗装の色について」『保存科学 第45号』東京文化財研究所
- 国史大系編集会（1972）『新訂増補 国史大系（普及版）延喜式 後篇』吉川弘文館
- 小松茂美 編集・解説（1987）『伴大納言絵詞 日本の絵巻2』中央公論社
- 小松茂美 編集・解説（1987）『年中行事絵巻 日本の絵巻8』中央公論社
- 八賀晋（1999）「古代の鉄生産について -美濃金山の鉄をめぐって-」『学叢 第21号』京都国立博物館
- 地団研地学事典編集委員会（1970）『地学事典』平凡社
- 成瀬正和（2004）「正倉院宝物に用いられた無機顔料」『正倉院紀要 第26号』宮内庁正倉院事務所
- 西山巖（1977）「べんがら」『改訂増補 最新顔料便覧』 p.448-451、日本顔料技術協会編、誠文堂新光社
- 山崎一雄（1987）『古文化財の科学』思文閣出版
- 吉木文平（1959）「3 酸化鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}$ )」 p.196-216、『鉱物工学』技報堂
- 吉田裕 訳（1969）『風土記 東洋文庫 145』平凡社



写真1 別府鉄輪温泉「血の池地獄」の現況

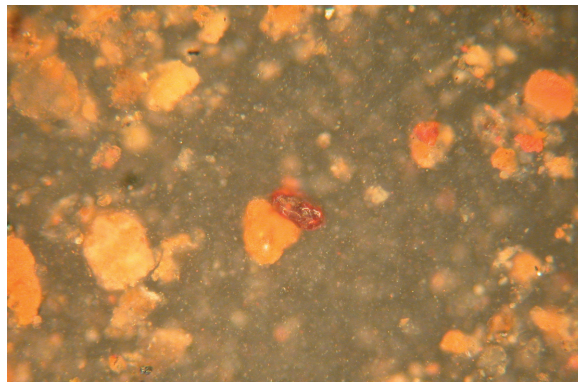


写真2 赤泥ベンガラ顔料粒子の形態  
(温泉析出沈殿物起源の天然赤鉄鉱)



写真3 若狭の丹土ベンガラ生産地の現況



写真5-1 薬師寺東塔の全景



写真5-2 東塔軒平瓦の瓦当部に付着した赤色顔料の様子



写真8 岐阜県大垣市赤坂地区の現況



写真9 岐阜金生山鉱山の現況



写真21 パイプ状ベンガラ原材料である鉄バクテリアの集積地状態





写真6-1 朝堂院跡出土軒平瓦 (資料No.1-A)



写真6-2 同軒平瓦に観察される赤色顔料



写真6-3 朝堂院跡出土軒平瓦 (資料No.1-B)



写真6-4 同軒平瓦に観察される赤色顔料



写真6-5 朝堂院跡出土軒平瓦 (資料No.1-C)



写真6-6 同軒平瓦に観察される赤色顔料



写真6-7 朝堂院跡出土軒平瓦 (資料No.1-D)



写真6-8 同軒平瓦に観察される赤色顔料





写真6-9 朝堂院跡出土軒平瓦 (資料No.1-E)



写真6-10 同軒平瓦に観察される赤色顔料



写真7-1 民部省主税寮跡出土軒平瓦 (資料No.2-A)



写真7-2 同軒平瓦に観察される赤色顔料



写真7-3 民部省主税寮跡出土軒平瓦 (試料No.2-B)



写真7-4 同軒平瓦に観察される赤色顔料



図1 『伴大納言絵巻』に描かれた平安宮朱雀門建造物の外観塗装の様子 出光美術館蔵



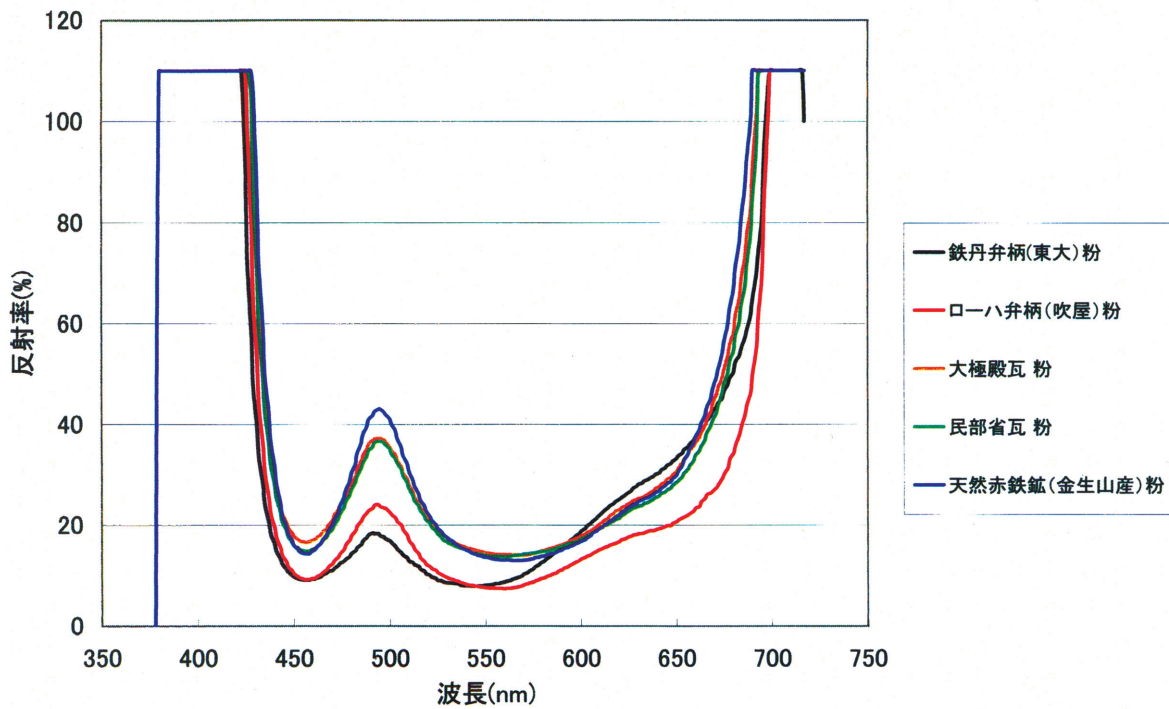


図9 本試料と各種ベンガラ顔料の色相比較分析結果

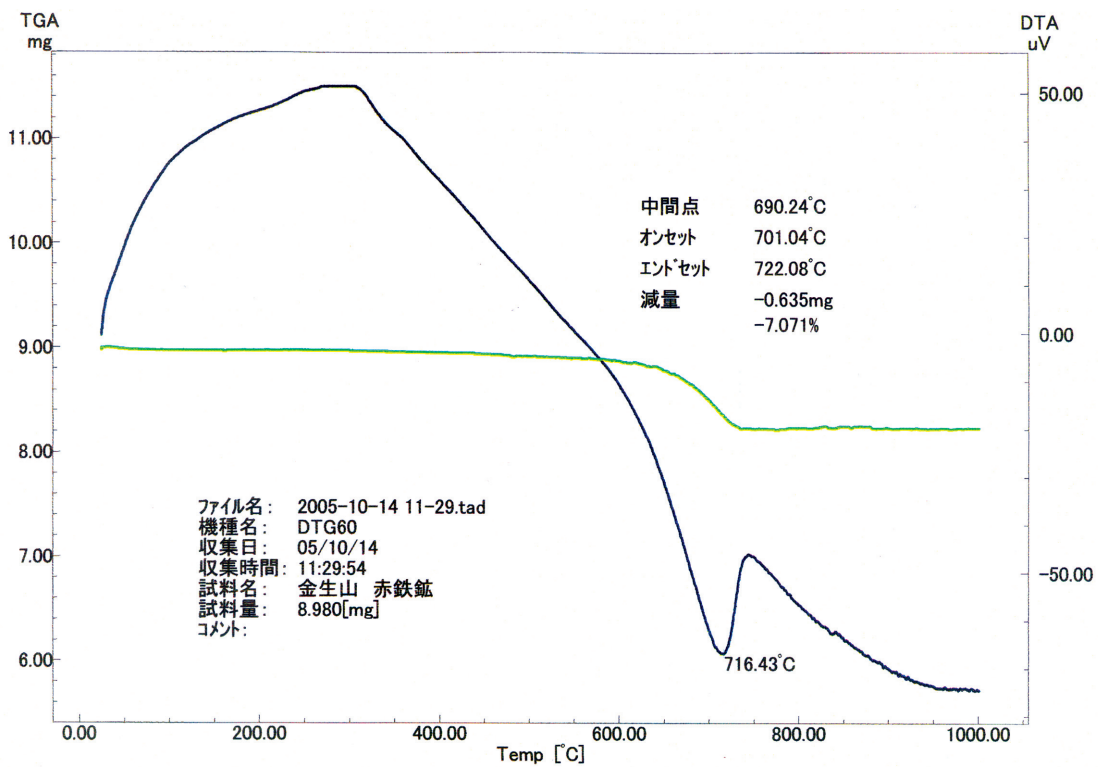


図10 試料3の示差熱分析結果

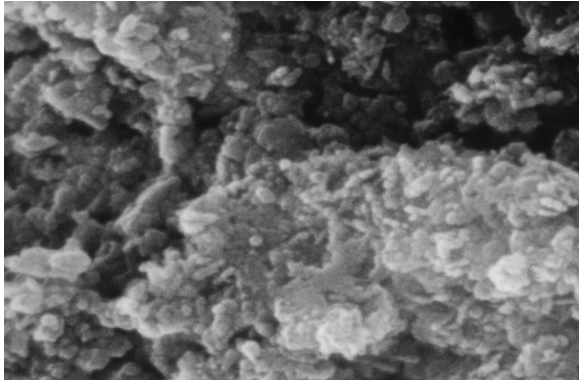


写真4 丹土ベンガラ顔料粒子  
(乾式法：鉄分を含む黄土起源)の形態 (×50,000)

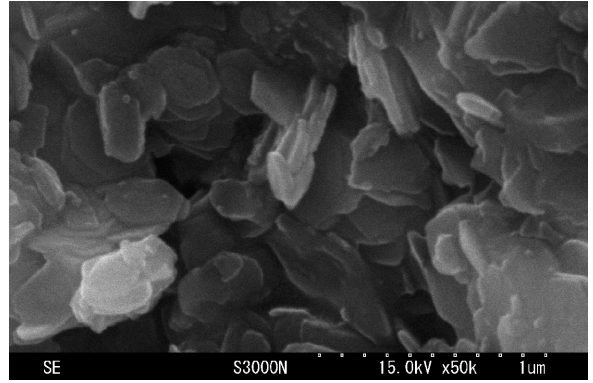


写真10 試料1-Aベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

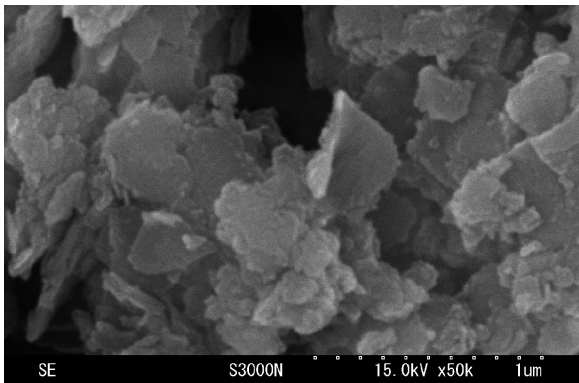


写真11 試料1-Bベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

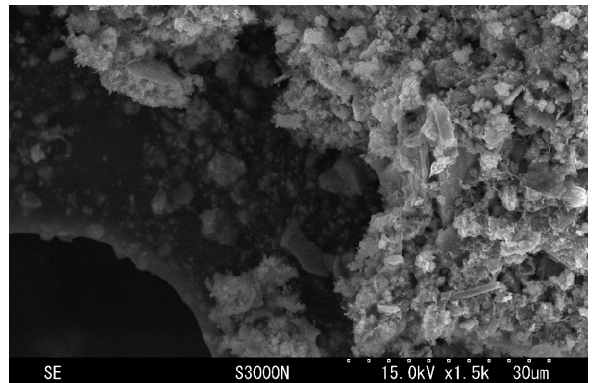


写真12-1 試料1-Cベンガラ顔料粒子の形態  
(×1,500)

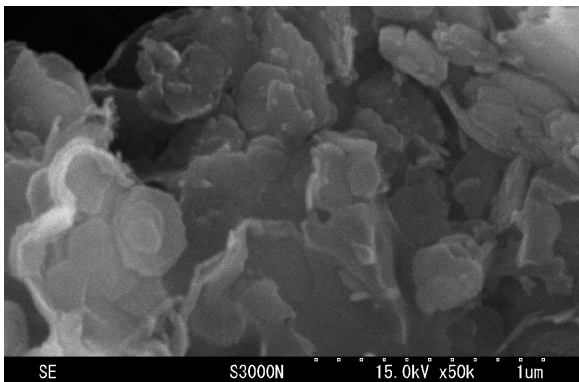


写真12-2 試料1-Cベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

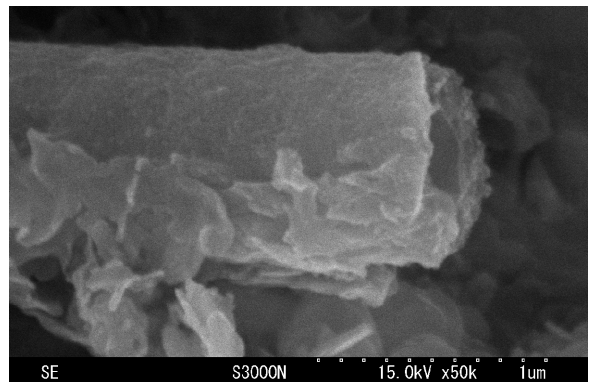


写真12-3 試料1-Cベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

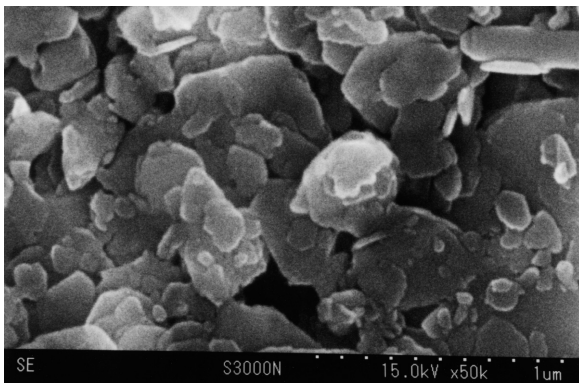


写真13 試料1-Dベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

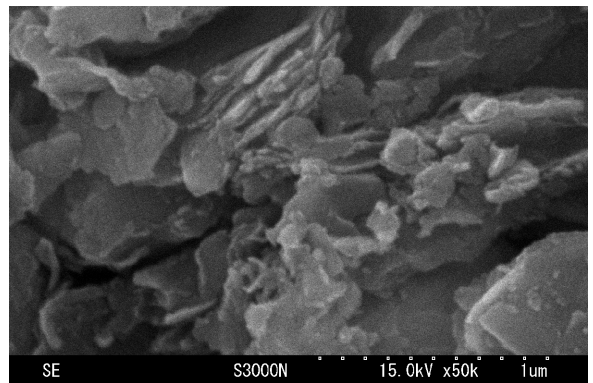


写真14 試料1-Eベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

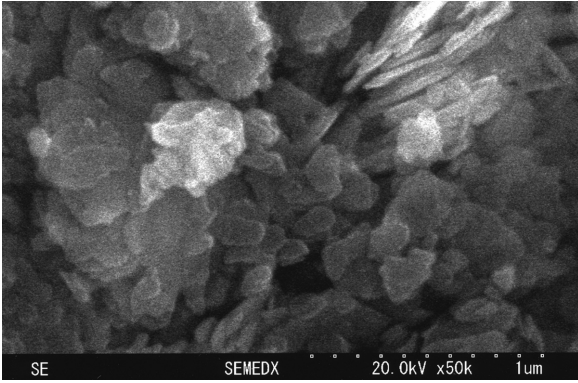


写真15 試料3天然赤鉄鉱顔料粒子の形態  
(×50,000)

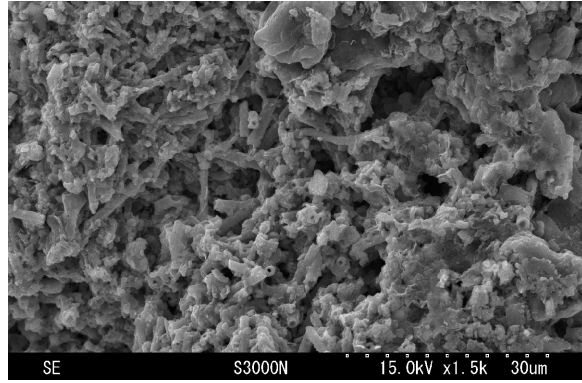


写真16-1 試料2-Aベンガラ顔料粒子の形態  
(×1,500)

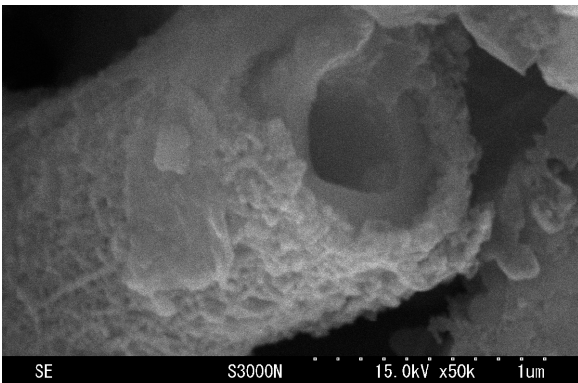


写真16-2 試料2-Aベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

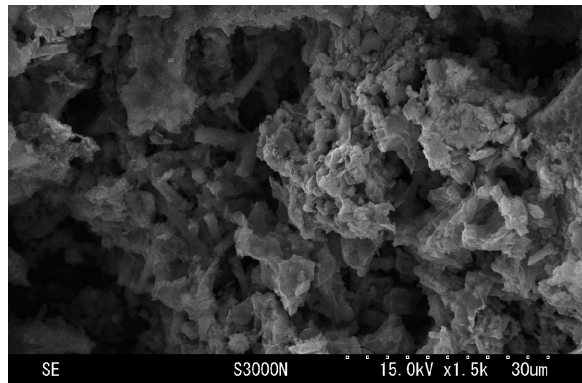


写真17-1 試料2-Bベンガラ顔料粒子の形態  
(×1,500)

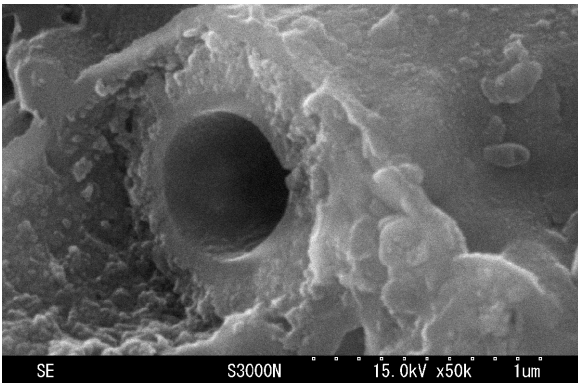


写真17-2 試料2-Bベンガラ顔料粒子の形態  
(×50,000)

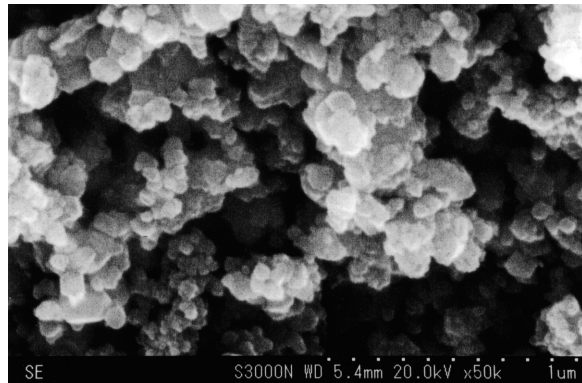


写真18) 鉄丹ベンガラ顔料粒子  
(乾式法：含水酸化鉄起源)の形態 (×50,000)

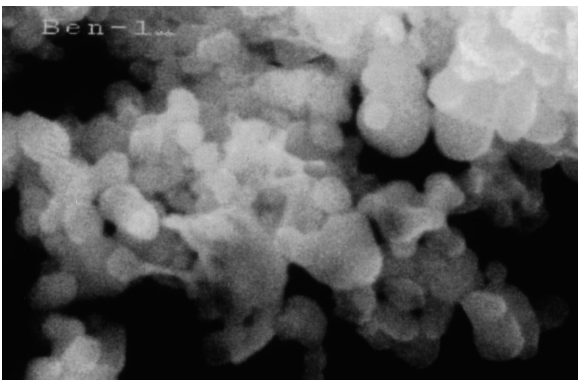


写真19 ローハベンガラ顔料粒子  
(乾式法：硫化鉄起源)の形態 (×50,000)

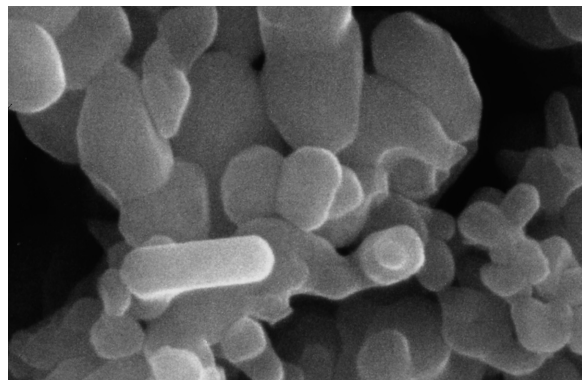


写真20 現代のベンガラ顔料粒子  
(湿式法：日本弁柄社製品)の形態 (×50,000)



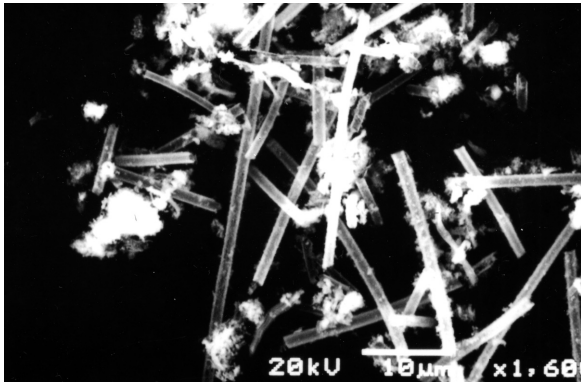


写真22-1 パイプ状ベンガラ原材料である鉄バクテリアの形態 (×1,600)

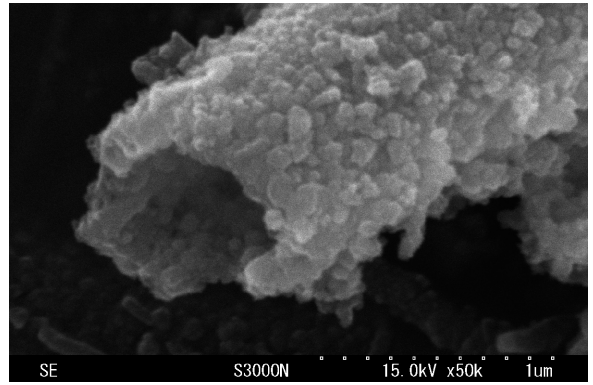


写真22-2 同左拡大写真 (×50,000)

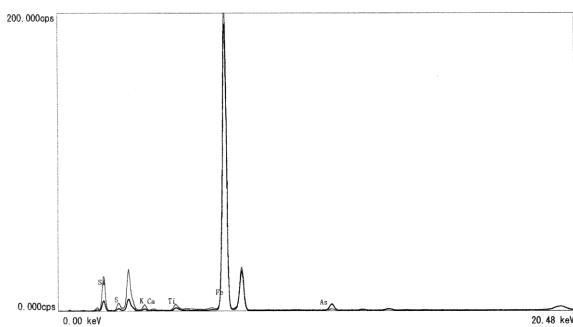


図5 試料1群の蛍光X線分析結果

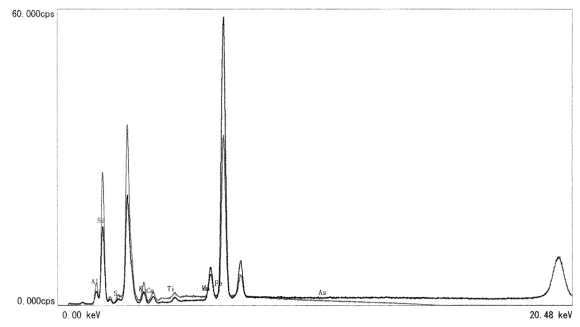


図6 試料2群の蛍光X線分析結果

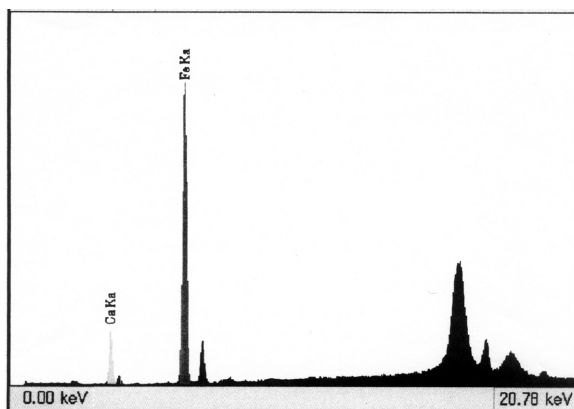


図7 試料3の蛍光X線分析結果

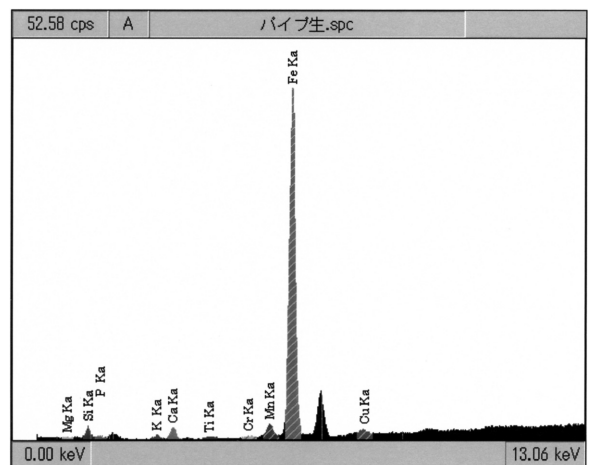


図11 鉄バクテリア沈殿物 (パイプ状ベンガラの原材料) の蛍光X線分析結果

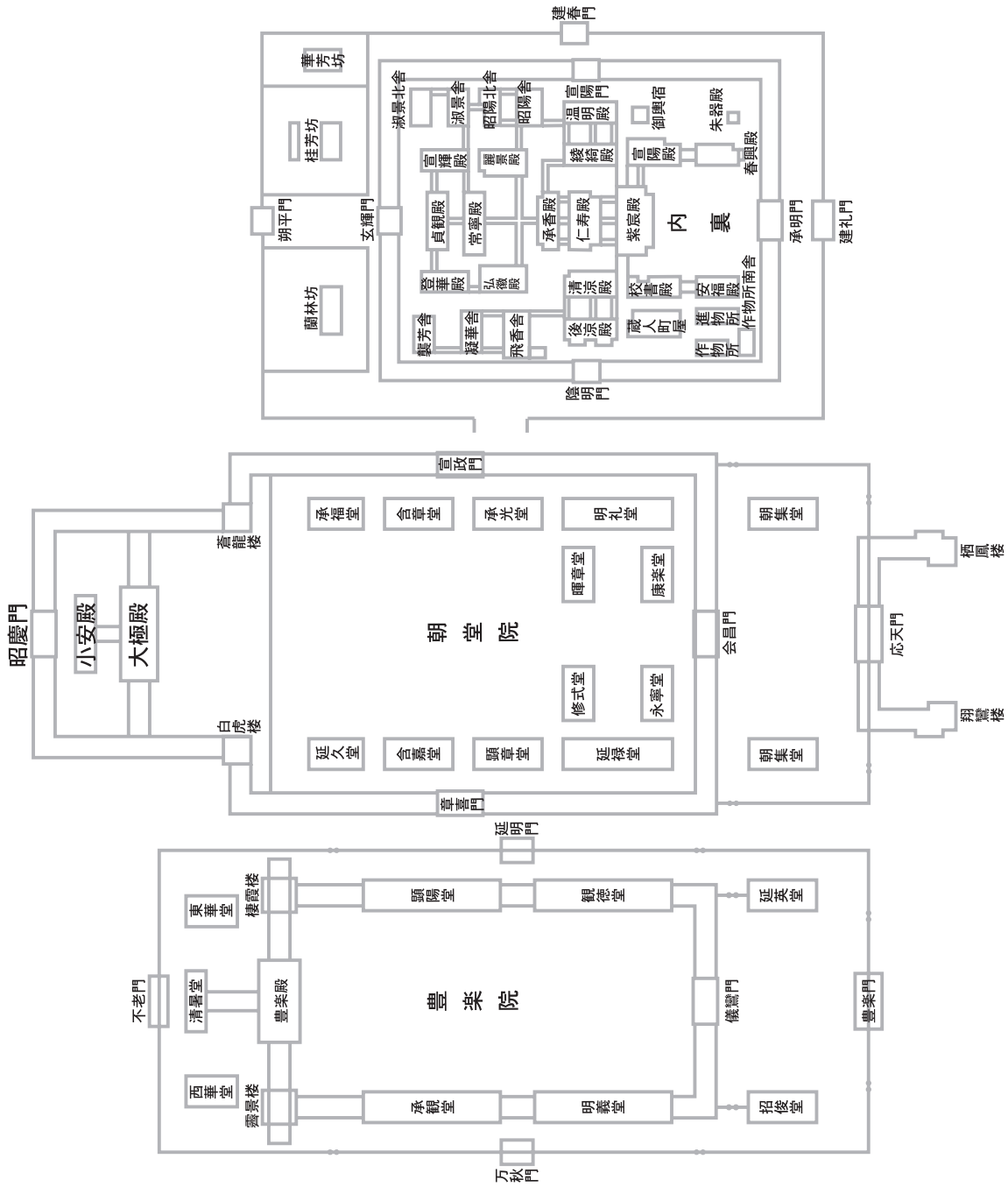


図2 平安宮内建造物群の基本配置図 (京都市埋蔵文化財研究所 資料作成)

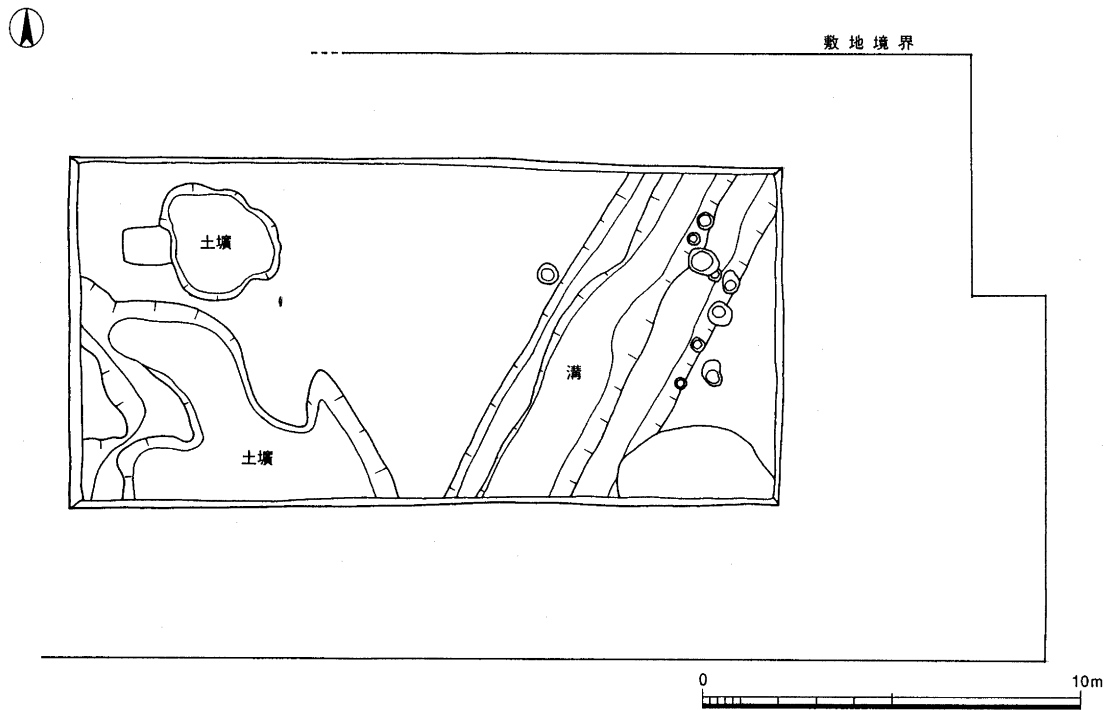
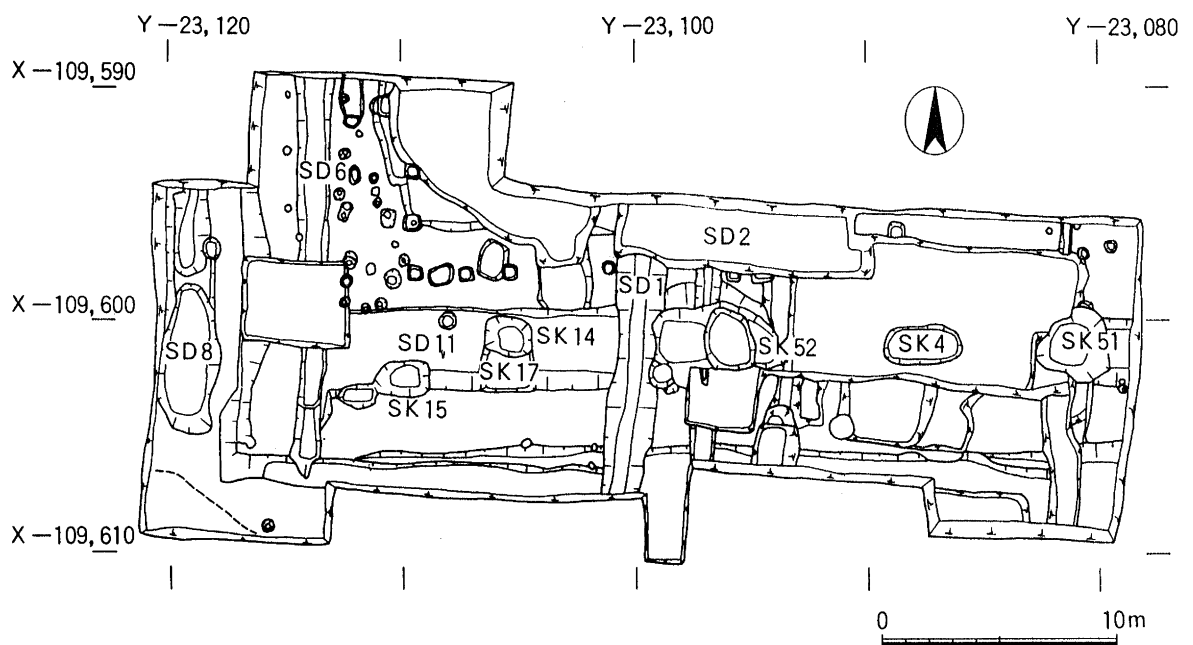


図3 朝堂院跡(80HK-HJ)の発掘調査遺構図



遺構実測図 (1:400)

図4 民部省主税寮跡(83HK-LI)の発掘調査遺構図

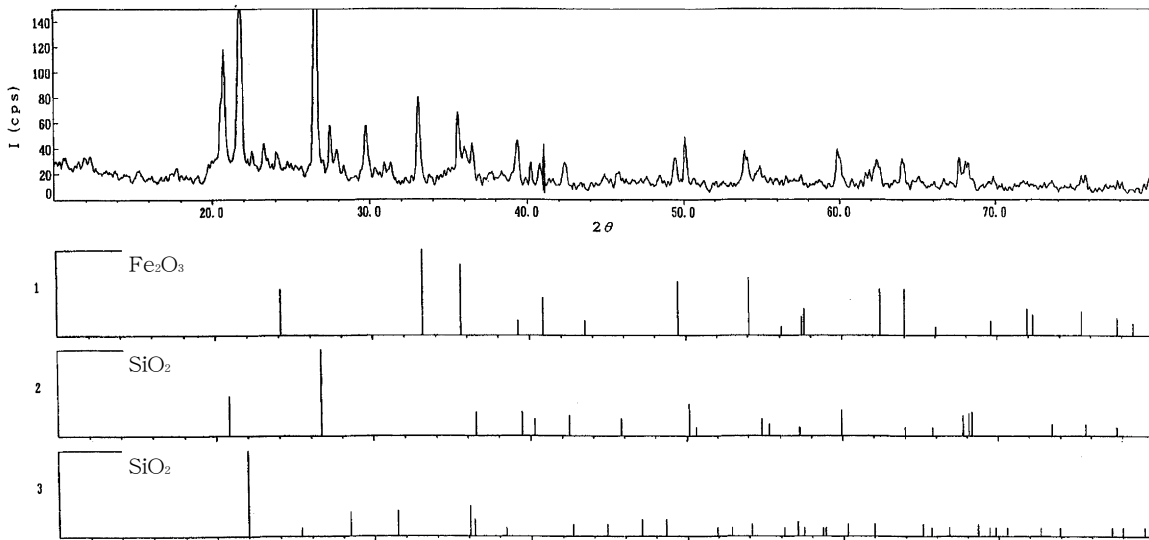


図8 試料3のX線回折分析結果

No.	遺跡名	遺物No.	マンセル色相	顔料粒子：写真No.	軒平瓦：写真No.
1-A	朝堂院跡	80HK-HJ, SK-07, Y18X6, NO.58	7.5R4/8	写真10	写真6-1, 6-2
1-B	朝堂院跡	80HK-HJ, SK-10, Y15X6, No. 29, 801020	7.5R4/8	写真11	写真6-3, 6-4
1-C	朝堂院跡	80HK-HJ, SK-07, Y18X6, No.137, 801015	7.5R4/8	写真12-1,12-2,12-3	写真6-5, 6-6
1-D	朝堂院跡	80HK-HJ, SK-07, Y18X6, No.59, 801004	7.5R4/8	写真13	写真6-7, 6-8
1-E	朝堂院跡	80HK-HJ, SK-10, Y15X6, NO. 51, 801003	10R4/8	写真14	写真6-9, 6-10
2-A	民部省主税寮跡	83HK-LI, SK-14, 831210	10R4/6	写真16-1,16-2	写真7-1, 7-2
2-B	民部省主税寮跡	83HK-LI, SK-53, 840113	10R4/6	写真17-1,17-2	写真7-3,7-4

表1 調査対象資料一覧表

赤坂（金生山）赤鉄鉱の成分分析  
(2点分析平均値)

T.Fe	60.950
FeO	0.460
Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.850
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.290
CaO	3.700
MgO	0.110
P	0.067
Mn	0.010
TiO <sub>2</sub>	0.060
Zn	0.079
Cr	0.037
As	0.260
V	0.051
CuO	0.101
Ig.Los	3.630
総鉄分	64%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	90%

(新日本名古屋製鉄所)  
(品質管理部試験分析室)

表2 岐阜金生山産天然赤鉄鉱の定量分析値 (八賀1999より)