

歴史的な木造建造物の ベンガラ塗装に関する研究（Ⅰ）

—文献史料に登場する「赤土」に関する基礎的調査—

北野 信彦

●キーワード：赤土ベンガラ（Akatsuchi bengala, iron oxide: α -Fe₂O₃）、天然赤鉄鉱（mineral hematite）、風化赤土土壌（weathering red clay）、平安宮朝堂院跡（Heian capital, Chodo-in area site）、琉球首里城（Ryukyu Shurijo castle, Okinawa）

1. はじめに

大陸から仏教がもたらされた飛鳥・白鳳期以降には、数々の科学技術を含めた文化的要素が伝来して日本文化の基盤となったとされる。このような大陸からの伝来技術には、大規模な木造建造物に関する内容も多く、建築工法やこれらを構成する礎石・瓦・白壁などの構造材料の使用は、その後の日本建築へ与えた影響が大きい。

さて、古代の寺院伽藍や中央政庁、さらには地方の役所関連の建造物などは、創建当時は白木のままでなく、何らかの外観塗装が施されていた。その後の寺社や民家などの歴史のもしくは伝統的な木造建造物も含め、このような外観塗装の代表的なものはベンガラ塗装である。筆者は、このようなベンガラ塗装に関する基礎研究をここ十数年来進めてきた。その結果、赤い色相を呈する酸化第二鉄（ α -FeO₃）を発色の主成分とした同じベンガラ顔料でも、原材料や製法が異なる幾つかの種類が存在したことが、人々がこれらを使用する際には何らかの人的な作業工程を経て初めて物質的にも安定した赤色顔料となること、などの知見を得た（北野・肥塚：1996, 1998, 北野：2005, 2006b, 2007, 2008）。

本稿では、この調査の一環として歴史的な木造建造物の塗装材料として使用されたことが文献史料に登場する「赤土」と称せられる赤色顔料を取り上げ、これらの性

状と製法に関する検討を行なった。さらに、これらを実際に使用したと考えられる幾つかの建造物関連の出土資料としての赤色顔料に関する調査も併せて行なった。この結果を報告する。

2. 文献史料にみられる「赤土」

古代における木造建造物の塗装材料に関する記述は稀少である。そのなかで、和銅6年（713）に元明天皇が撰進した『風土記』の一つである『豊後国風土記』は、「赤湯泉（あかゆ）の赤泥を郡役所関連建造物の柱に塗装した」と記述する（吉野：1969）。筆者による調査では、これは酸化第二鉄を主成分とした強酸性温泉の微細粒子の析出沈殿物を原材料とした「赤泥ベンガラ」とも称せられる塗装材料である可能性が指摘された（北野：2006b）。

また、『続日本紀』の神亀元年（724）十一月の条は、『太政官奏言』として「其板屋草舎、中古遺制、難_レ當易_レ破。空_レ彈_レ民財_レ。請_レ仰_レ有_レ司_レ、令三五位已上及庶民甚_レ當者、構_レ立瓦舎、塗_レ為_レ赤白_レ。奏可_レ之」、すなわち「五位以上および庶民の當みに堪えるものに令して瓦舎を構立し、塗て赤白と為せ」と記述している。ただし、この記述からは平城京内における建造物の外壁を白壁に、部材の外観塗装を赤色塗装とせよとしたのか、外壁を赤壁と白壁とせよとしたのか、いずれであるかは判断でき

ない。平安時代の文献史料では、延喜19年(919)建立の筑前大宰府安楽寺の菅原道真を祭った祠堂の建造物建立について触れた『筑前州大宰府安楽寺菅丞相祠堂記』は、この建造物の外観は「殿廊門廂、黒幼塗丹漆」であったと記録する。また、天元五年(982)の『池亭記』は、往年の平安京右京に所在した西宮第の様子を象徴的に「華堂朱戸」、永承5年(1050)の『春記』は、藤原道長建立の法成寺御堂の外観を「瑠璃の瓦に朱砂塗の南扉」、などと表現している。

さて、本稿が調査対象とする「赤土」に関する具体的な記述がみられる古い文献史料には、天平宝字6年(762)『正倉院文書』の「造石院所解」がある(東京帝国大学:1922)。これは天平宝字5~6年(762-763)に行なわれた石山寺増改築工事に伴う物資調達について記録したものであるが、天平宝字6年(762)正月15日の項には「一、於用不可(在)欠赤土並白(土)等 右、自大弁大使所謂白土六斗在院中、赤土五斗此以(令)塗試可在欠、乃預謂処分」、同3月8日の項には「又下白米陸升 三升白土五斗合料、三升赤土五斗合料 右、仏堂塗料」、同閏12月の項には「赤土伍斗 用仏堂宇南方七間架塗料」という記述がみられる。福山によると、この閏12月の記述にみられる「架」とは、建造物部材である普通の大きさの垂木を指す当時の用語である。そのため、石山寺造営の塗装材料の一つとして「赤土」が調達されたものとされている(福山:1940)。また、延長5年(927)編纂の『延喜式』の「卷二十四 主計上」の項には「凡諸国輸調」として「赤土一斗五升」が、『卷三十四 木工寮』の項には「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。以下略一」などとして、木材や瓦とともに「赤土」の名前がここでも登場する。一方、天慶2年(939)の『政事要略 五十七 交替雑事十七 雑公文事』は、太政官符民部省記録のなかで、修理職解に諸国から進納される品目を記録している。そのなかにも「海草・檜皮・紙・商布・藁」などととともに、「赤土」や「石灰」が列挙されている(国史大系:1972)。いずれにしても「赤土」は、使用目的は明記されていないものの、平安宮内の主要建造物の造営・補修に際して、建築材や瓦、檜皮、壁材料である

白土や石灰などとともに、頻繁に調達されたようである。

さて、前記した『延喜式』の用語(語句)説明である「附録 和名考異」には「代赭」の項があり、ここには「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」という「赤土」と「代赭」を同義語と解釈させるような記述がみられる。確かに『延喜式 典葉寮』の大宰府の項には薬物の一つとして「代赭」という固有名詞がみられる。しかし、この「附録 和名考異」は、延喜18年(918)の和漢薬名事典である『本草和名』の著者の深根輔仁が注釈文として解釈したものである。そのため、ここに記述されている「赤土」と「代赭」を同義語とみなすことには慎重を要する。それではこの「代赭」とはどのような赤色顔料であろう。時代は下るが江戸時代の本草書である享和2年(1802)の小野蘭山『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、然ドモ末薬店へ出ズ」と記述している。すなわち、この原石鉱物は粉碎すると薄層に剥離するという特徴を有すること、基本的には稀少であるため薬用には用いられなかったことなどを記している。また、この「附録 赤石」の項は、「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」として、ここでは「赤石」と「代赭石」の二つの固有名詞を併記している。一方、正徳2年(1712)の寺島良安『和漢三才図会』は、「代赭石」の項で、同義語を「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末を赤色顔料としていたことを述べる。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扨び取って勝れたものとしている。これを丁頭代赭という。古処方に、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ている。さらに「ちなみに赭とは赤色のことである。代州(山西省の雁門)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」と記し、建造物の柱の塗装材料に使用する事例にも言及している。

ところで、江戸時代における津軽藩の公用記録である『御用格、不時御献上之部』には、「赤土」を建造物の塗装材料として調達した具体的な事例が幾つかみられる。一例を示すならば、寛文9年（1669）5月18日の項には「一、紅葉山御宮、御堂御修復ニ付、赤土差上候様御奉書御到来」、寛文10年（1670）4月24日の項には「一、紅葉山御宮、御堂御修復ニ付、赤土六拾貫目被献之」、延宝8年（1680）8月19日の項には「一、厳有院様御霊屋御入用ニ付、赤土百貫目可被差上旨御奉書御到来」、元禄2年（1689）5月21日の項には「一、大久保加賀守様江被仰進候付、頃日在所より赤土三百貫目到着仕候、御指図次第献上仕度奉存候、相残百貫目之儀は赤土山破損に付、遅々可仕旨被仰遣候処、同日加賀守様より御献上之儀、此方より御案内可申入旨被仰遣之、但残献上之儀書記無之」、宝永6年（1709）5月24日の項には「一、赤土百拾三貫目式百目箱数十六、右赤土之儀は先達而江戸より用来之、百貫目御献上被遊候函御座 候得共、江戸ニ有之候百貫目被献候得は、残而五拾八貫四百拾目有之、是共都合式百貫目分被差登 之、但御献上之月日書記無之」などである。この他にも貞享3年（1684）の『工藤家記』には「赤丹沢赤土公議へ献上」、享保12年（1727）の『津軽一統志』には「赤土を紅葉山・日光山に献上」などの記述もあり、津軽藩は領内の「赤土山」で産出する「赤土」を、江戸城内の秋葉山御宮や厳有院御霊屋、日光の將軍家御霊廟など、徳川將軍家縁の主要な霊廟建造物の外観塗装材料として幕府に献上していたようである。この津軽藩が管理していた「赤土山」とは、昭和30年（1955）に青森県天然記念物に指定された青森県津軽郡今別町砂ヶ森字赤根沢に所在する「赤根沢の赤岩」周辺約30アールほどの天然赤鉄鉱の採掘坑跡である（Photo.1）。当時の状況について、貞享3年（1684）の『外ヶ浜上磯代官所畑屋敷其外諸品書上帳』は、「赤土御役所四間五間 蔵は三間四間 千野太夫抱」と記し、赤土山には赤根沢の小川を両方に挟んだ海岸に面する松前街道沿いに御番所と赤土倉があり、赤土の採掘と管理・搬出を行なっていたことを伝える

(Fig.1)。しかし、その後約一世紀を経た天明5年（1785）橋南鶏氏の『東遊記』は、「僅かに三年の後なりしが、柵も破れて守る人なく、通路自由なり」と懐古するように、18世紀末頃には「赤土」の生産自体は衰退したようである（肴倉：1967）。

さて、これとは異なり、小野蘭山の『本草綱目啓蒙』は、「赤土」を特定な鉱山産出の物質ではなく、単に「山ヨリ出ル色赤キ土」としている。同様に『甲斐国志』の「赤土」の項も「所在ニアリ、北山筋高成村ノ赤土尤モ佳ナリ、飾し壁ベシ」と記す。ここからは、赤土とは、すべてが天然赤鉄鉱の原石鉱物を原材料としてこれを粉砕して微細粉末とした赤色顔料というわけではなく、単に赤い色相が強い自然堆積土壌も一括して赤土として認識された可能性を示唆している。

天然の露頭産出の赤い色相が強い赤い土の土壌を建造物の塗装材料として用いた事例の一つに、近世琉球王朝時代の「久米赤土」がある。この赤色顔料について、擁正13年（1735）『久米仲間切公事帳』は、「一、広儀併諸土用筵雑物又ハ赤土入切併不図雑物之儀入手形相届次第無親疎申付可相弘事」、道光11年（1831）『久米仲間切諸村公事帳』は、「一、浮得日用分併夫銭取払帳次年正月限 但御用筵柴木炉実代屋久貝から久米赤土官府物 在番大和横目水夫賃」などと記録しており、久米島産の赤土が琉球王朝政庁に届けられていたことがわかる。その一方で、道光22年（1842）の首里城正殿改修普請記録である『百浦添御殿普請付御絵図並御材木寸法記』の「波豊絵図」には、正殿正面や玉座周辺の柱を「桐油朱ぬり」に、「おちよくい」と呼称される正殿二階から一階御差床にかけての階段を「赤塗」に、二階窓の連子を

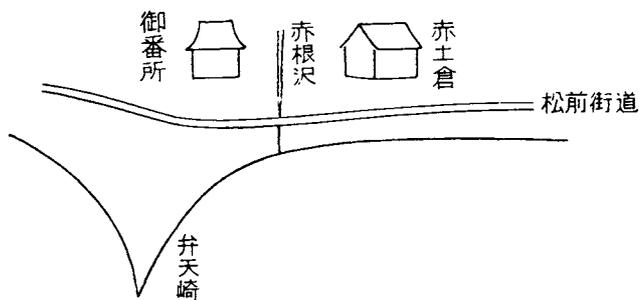


図1 津軽赤土山のベンガラ作業場
Fig.1 Position of Bengala factory at Tsuraru Akatuchi-Yama, Edo.period.

「赤土塗」にするなど、建造物部材における塗装の塗り分けが為されていたことが詳細に記されている (Fig. 2)。この改修普請で調達された赤色顔料も多岐に及んでおり、中国産の「唐朱」や「丹朱」、日本（本土）産の「弁柄朱」とともに「久米赤土」が列記されている。ここからは、これらが首里城正殿をはじめとして、那覇孔子廟大成殿や円覚寺龍淵殿など、琉球王朝における主要建造物の塗装材料として調達されていたことがわかる。

3. 赤土ベンガラに関する調査

本稿では、文献史料に記述された「赤土」を、広義の酸化鉄系の赤色顔料である「赤土ベンガラ」と認識して、基本的な性状と製法、具体的な使用状況を知ることを主目的とする。そのため、(1) 天然赤鉄鉱の原石鉱物を磨り潰して微細粒子とした試料、(2) 赤い色相が鮮やかな自然堆積の風化赤土土壌である試料、の二種類を「赤土ベンガラ」の標準試料として取り上げる。また、出土状況から年代観が明らかであり、かつ「赤土ベンガラ」との関連性が想定される幾つかの出土資料としての赤色顔料もここでは取り上げた。以下、調査対象試料と基礎実験・分析（検討）方法を記す。

3.1 調査対象試料

3.1.1 文献史料に実名が登場する天然赤鉄鉱の原石鉱物

（試料1）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する、古代からの交通の要衝である。この赤坂町内の金生山鉱山は、今日では石灰岩の採掘として有名である (Photo 1)。ここでは、古くから赤鉄鉱の鉱石も採掘されており、中世段階にはこの鉄鉱石を使用した刀剣生産も行なわれていた（八賀：1999）。『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、金生山産天然赤鉄鉱の原石鉱物小破片を磨り潰して最終的に60メッシュで篩った微細粉末を、「赤土ベンガラ」の標準試料（試料1）とした。

（試料2）津軽赤土山の赤土

青森県津軽郡今別町砂ヶ森赤根沢の「赤根沢の赤岩」と呼称される天然赤鉄鉱脈は、前記した津軽藩の「赤土



写真1 岐阜金生山の現況
Photo 1 View of Kinsyo-zan mine, Gifu.



写真2 青森赤根沢の現況
Photo 2 View of Akanezawa mine, Aomori.



写真3 久米島の赤土風化土壌（試料3）
Photo 3 Red weathering soil (sample.3) at Kume island, Okinawa.

山」に相当する (Photo 2)。この原石鉱物は、昭和30年(1955)に県天然記念物に指定されているため、試料

として供することは不可能である。幸い、この赤根沢周辺にも「赤土山」の「赤土」とほぼ同じ鉱脈由来であると考えられる天然赤鉄鉱の小塊片が広く散在している。今回、今別町教育委員会の協力を得て、「赤根沢の赤岩」とほぼ同一鉱脈と考えられる周辺地域の原石鉱物の破片を採取した。これを、試料1同様に粉碎した微細粉末を「赤土ベンガラ」の標準試料（試料2）とした。

3.1.2 文献史料に実名が登場する赤い色相が強い自然堆積の赤土土壌

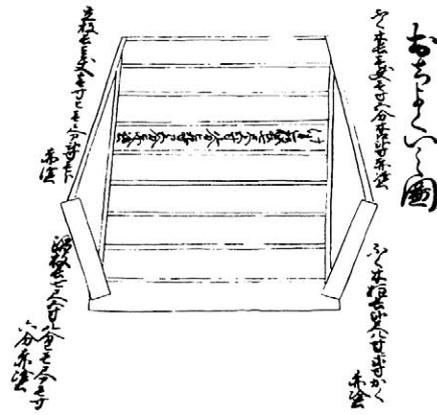
（試料3）久米赤土

本稿では、「久米赤土」との関連性が指摘される久米島の赤土の土壌を取り上げる。ただし、現在では久米島内のどの土壌試料が「久米赤土」の原材料自体に相当するかは不明である。この点に関連して、平成8～10年度にかけて行なわれた首里城の主殿建造物群の復元整備事業では、建設省と国土開発庁、沖縄県教育委員会を中心とした検討委員会により、久米赤土に関する調査が行われた。調査の結果、久米島内イクソウ地区の赤土土壌が「久米赤土」の原材料として適当であるとして、これを精製した赤色顔料が平成の首里城復元主殿建造物の塗装材料の一つとして調達された（首里城2000）。今回、現地調査において当該地域の自然露頭で観察された赤い色相が強い輝石安山岩の風化堆積の赤土土壌を採取して実験を行い、赤土ベンガラの標準試料（試料3-1）とした（Photo3）。また、平成復元の首里城正殿に塗装された「久米赤土」の製品試料も比較の試料（試料3-2）とした（Photo4）。

3.1.3 年代観が明確な古代の赤色顔料

（試料4）平安京内の井戸 No.249 底部から出土した赤色顔料の小塊片

2007年度に（財）京都市埋蔵文化財研究所により発掘調査が行なわれた京都市内清水町地区からは、平安宮西南端エリア（平安京右京六条四坊二町跡）に所在する建造物群、もしくはそれに先行する奈良時代後期頃の郡衛跡（西京極遺跡）関連と考えられる遺構と遺物が多数検出された（京都市2007）。このうちの井戸 No.249 遺構は、下段一辺約160cm、上段一辺約200cmを測る二段木枠組の特異な構造形態を有する（Photo5）。この井戸の底部からは、奈良時代後期から平安時代前期頃に



「百浦添御殿普請付御給図并御材木寸法記 おちよくい之図」

図2 琉球首里城正殿における久米赤土の使用

Fig.2 The record of Kume Akatuchi (used for Ryukyu Shurijo castle).



写真4 復元された琉球首里城正殿

Photo 4 View of restore wooden building (Sei-Den castle) at Ryukyu Shurijo park

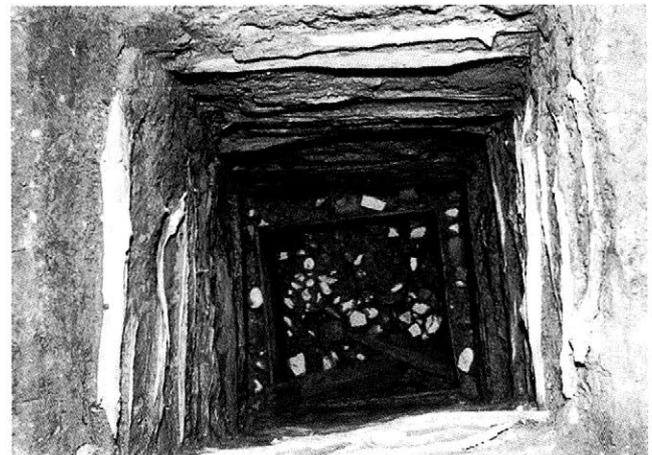


写真5 試料4の赤色顔料が出土した西京極遺跡の井戸 No.249 遺構
Photo 5 No.249 well at Nishi-kyogoku site. (Red pigment sample.4 was excavated)



写真6 赤色顔料の小塊片(試料4)
Photo 6: Excavated red pigment (sample.4).

年代観が比定される何らかの一括投棄によると推定される須恵器類が多数検出され、この須恵器類と共伴して数センチ径を計る赤色顔料の小塊片が一点出土した(Photo 6)。周囲の土壌毎取り上げられた数センチ径を計るこの赤色顔料の小塊片から、付着土壌が実態顕微鏡下で観察されない数ミリ角の滑落小断片3片を注意深く採取し、調査対象試料(試料4)とした。

3.1.4 木造建造物のベンガラ塗装との関連性が想定される出土資料

(試料5) 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、1980年度には、(財)京都市埋蔵文化財研究所により181m²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、朝堂院跡に直接伴う遺構は検出されなかったが、瓦溜土壙(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(Fig. 3)。そのため平安時代前期頃に比定される土師器・須恵器・緑釉陶器・灰釉陶器などと共伴する瓦溜土壙出土の瓦類は、いずれも朝堂院関連の木造建造物に葺かれていた瓦であると考えられている(京都市:1995)。このうち、良好な焼成胎土からなる西賀茂瓦窯産の軒平瓦には、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布された資料が幾例か含まれていた。本稿では、このうちの3点の軒平瓦に塗布さ



写真7-1 朝堂院跡出土軒平瓦(1)
Photo 7-1 Excavated roof-tile (1) at Chodo-in area site



写真7-2 同軒平瓦に付着した赤色顔料(試料5-1)
Photo 7-2 Attached red pigment (sample.5-1).



写真7-3 朝堂院跡出土軒平瓦(2)
Photo 7-3 Excavated roof-tile (2) at Chodo-in area site

れていた残存状態が良好な赤色顔料を、平安時代前期頃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(試料5)とした(Photo 7-1~7-

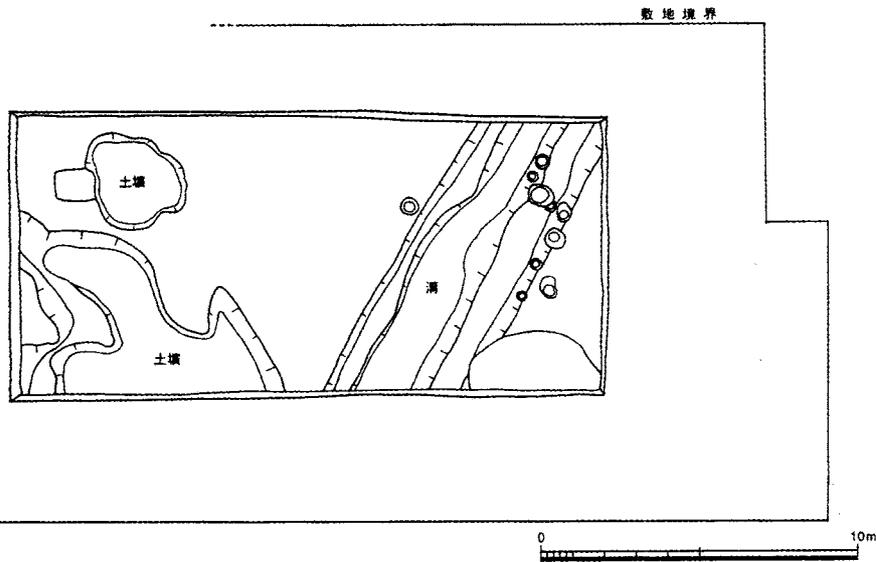
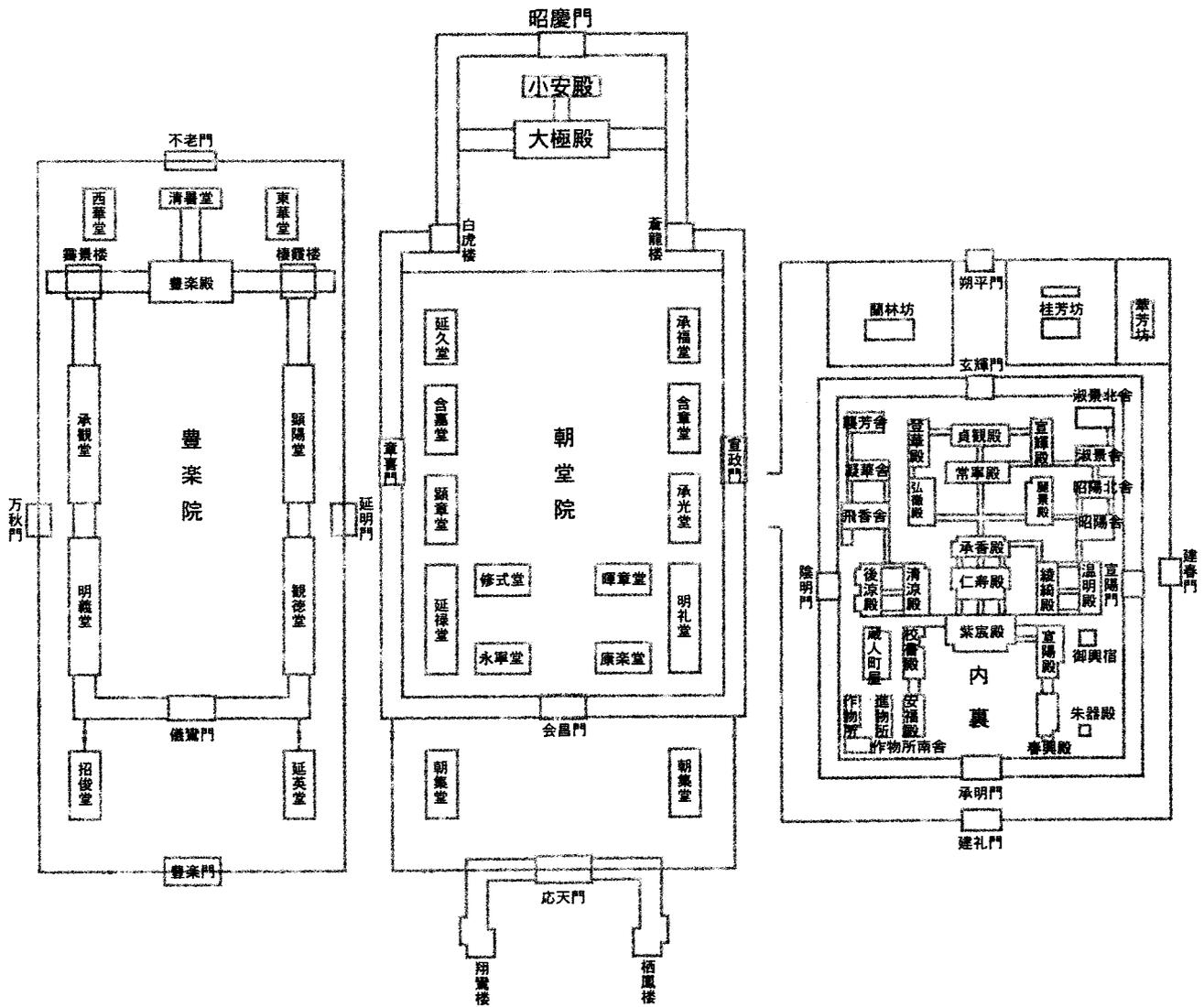


図3 朝堂院跡における本遺跡の遺構図

Fig. 3 Position of excavated velics at Chodo-in area site in Heian capital.



写真7-4 同軒平瓦に付着した赤色顔料（試料5-2）
Photo 7-4 Attached red pigment (sample.5-2).



写真7-5 朝堂院跡出土軒平瓦（3）
Photo 7-5 Excavated roof-tile (3) at Chodo-in area site



写真7-6 同軒平瓦に付着した赤色顔料（試料5-3）
Photo 7-6 Attached red pigment (sample.5-3).



写真8 芝増上寺跡部材の出土状況
Photo 8 View of excavated waterlogged wood at Shiva-Zojoyoji-temple site.

6)。試料は、残存状態が良好な部分3箇所から1～2mm角の赤色顔料滑落片を注意深く採取し、分析用カーボンテープに固定させて分析に供した。

（試料6）芝増上寺台徳院靈廟関連出土部材に塗装された赤色漆の使用顔料

平成11年の東京都港区教育委員会による芝増上寺の寺域内の発掘調査では、台徳院靈廟惣門前に構築された石組大下水溝の東側石積み裏に掘られた廃棄土壌内から、廃棄部材が多数検出された。積み直しの痕跡が見られないこの石積みの下から2段目の間知石小口面からは、宝永4年（1707）の富士山噴火の際に降下したテフラの付着が確認されたため、この石組み遺構は、18世紀初頭以前に構築されたものであることがわかる（Photo 8）。そして、この廃棄土壌は東側石積みの最上部よりやや下位のレベルで検出されており、土壌覆土の上位に江戸時代の整地層が被っていたことから、江戸時代前半代の修復などに伴う地業の可能性が指摘された。そのため、ここから出土した廃棄部材は、徳川将軍家二代将軍秀忠（台徳院）の靈廟関連建造物の修復修理に伴い、取り外されて廃棄された破損部材であると考えられている。この中には、粗い粒子の赤色顔料の混入が肉眼観察でも確認される赤色漆が上面と側面の一方のみに塗装された長押部材（円柱に取付く扉床横木）が1点含まれていた（Photo 9-1, 9-2）。

この部材に外観塗装されていた赤色漆の破断塗装面の3箇所から、数ミリ角の剥落小破片を注意深く採取し、調査対象試料（試料6）とした（高山ほか：2007）。



写真9-1 試料6が塗装されていた出土部材

Photo 9-1 Excavated waterlogged wood painted red *urushi* (contain sample.6).

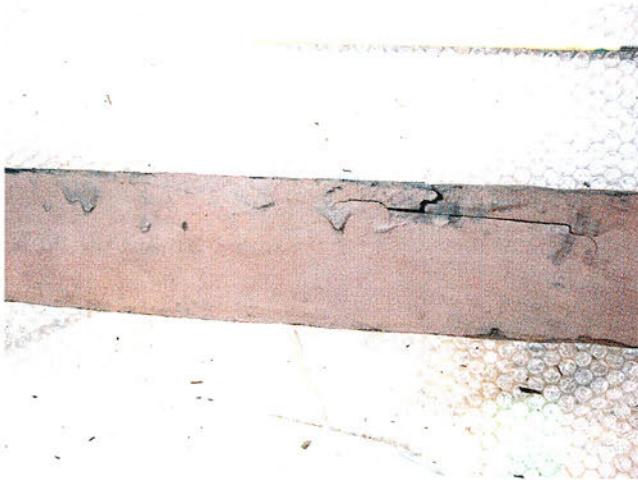


写真9-2 同 拡大

Photo 9-2 Magnification same sample.

3.2 実験方法

以上、前述した試料1～6のうち、試料3である「久米赤土」の原材料と想定される久米島内イクソウ地区の赤土土壌の色相は、やや淡い紫赤色もしくは小豆色の色相を呈している。そのため、これをそのまま赤色顔料として建造物に外観塗装するには何らかの作業工程を付加する必要があると考え、加熱工程と水簸工程に関する基礎的な実験を設定した。

(1) 加熱実験

実験には、試料20gを磁製のつぼに入れて、磁製蓋で密閉して外気が遮断されるよう心がけた。その上で、電気マッフル炉による細かい設定条件別の加熱実験を行った。設定条件は、

- ・低温乾燥：自動乾燥器にて各試料を105℃で加温した。
(設定時間；1時間)
- ・加熱条件：電気マッフル炉設定温度を200℃、500℃、700℃、1000℃の異なる条件温度で加熱した。(設定時間；1時間、12時間、24時間)

なお、実験は客観性を期すため、各設定条件別の実験は各3試料ずつ行なった。

(2) 水簸実験

自然堆積の土壌を原材料として良質で安定した赤色顔料を得るには、前記した加熱作業とともに原材料にあらかじめ含まれている夾雑物や不安定物質である中間生成物を除去するための水簸作業が不可欠であると考え(北野・肥塚：1996)。そのため、水簸実験は、加熱実験の試料のなかでは赤い発色がもっとも鮮明であったと目視観察される700℃12時間の試料15gを100mlのビーカーに取り、蒸留水(イオン交換水)を80ml入れてよく攪拌させた。攪拌してから5分間静置させた後、夾雑物であるケイ酸物質(比重2.5前後)と赤色顔料である酸化第二鉄(比重5.26前後)の比重の違いを利用して、前者を懸濁物として除去させ、後者を選別回収した。この精製した赤色物質を自然乾燥させ、最終的な「赤土ベンガラ」の完成品とした。

3.3 分析方法

(1) 無機元素の定性分析

試料の無機元素の定性分析は、あらかじめ分析用カーボンテープに固定した赤色顔料を分析対象試料として、東京文化財研究所伝統技術研究室設置の(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、定量補正法はスタンダードレスである。

(2) 鉱物結晶相の同定

各試料の結晶鉱物相(化合物)材料の同定は、(株)リガク技術センターのご協力を得て、X線回析分析装置(リガク製RINT-2500型)と定性ソフトウェア(JADE-6)を使用した。測定条件は以下のとおりである。対陰極はCu-K α 、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5-80度、散乱スリットは1 degreeで受光スリットは0.15mm、モノクロメーターを使用した。また、一部の試料は(株)コベルコ科研で追加の分析調査を行なった。

(3) 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）を用いて赤い測色の測定を行なった。測色条件は、マスククロス；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。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。

（4）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, まず実体顕微鏡と金属顕微鏡による100~400倍の倍率観察で, 赤色顔料の集合状態や赤い色相の観察を行なった。その上で, 赤い色相が強く, 鉄(Fe)がマッピングにより検出された部分を中心に, 集合体状態と個々の顔料の粒子形態を, 走査型電子顕微鏡を用いて画像(SEM画像)観察した。試料は, 必要量をカーボンテープに固定した上で分析試料台に取り付け, 30,000~50,000倍の高倍率画像観察を, (株)日立ハイテクノロジーズ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。

（5）粒度分布

試料の粒度分布の測定は, (株)堀場製作所分析センターにおいて, 堀場製作所製レーザー回折/散乱型粒度分析装置 LA-910型を使用して行なった。分析媒溶液にはイオン交換水を用い, 透過率(L)は83.8%, (H)は79.0%である。

（6）示差熱分析

堅牢な原石鉱物である天然赤鉄鉱を粉砕して微細粉末の赤色顔料粒子にするには, 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通常用いられる。本調査では各試料の加熱に対する物性変化を検討するため, 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協力を得て行なった。示差熱分析(DTA)には, リガク電機製示差熱天秤装置 TG-8101P型を使用した。昇温速度は10°C/1分で分析設定室温は1000°Cまで行なった。なお比較標準試料には酸化アルミナ(Al_2O_3)を用いた。

（7）漆塗料の同定

試料6の赤色顔料が混入された赤色漆と思われる塗料自体が, 漆(ウルシ科)の固化膜であるかどうか確認するために, 有機分析を行なった。有機分析は, 先の剥落片の一部をフーリエ変換型赤外分光光度計(FT-IR)(日本電子製 JIR-6000型)を使用して顕微赤外反射法およびKBr錠剤法で測定した。測定は分解能 4 cm^{-1} , 波長領域 $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$ で行なった。

（8）漆塗膜面の断面観察

漆塗膜面のなかに試料6の赤色顔料がどのような状態で混入されているかを知るために, 漆塗膜面の断面観察を行なった。そのため赤色漆の $1\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ 角程度の膜剥落小片を, 合成樹脂(エポキシ系樹脂/アラルダイト GY1251J.P, ハードナー HY837)に包埋した後, 断面を研磨して薄層プレパラートに仕上げた。その上で, 赤色顔料の混入状態, 部材と塗膜面との密着性, 塗層の厚さや色調などを, 金属および生物顕微鏡を用いて透過および落射観察した。

3.4 調査結果

まず, 各試料の構成無機元素を蛍光X線分析した結果, いずれも鉄(Fe)が強く検出され, 水銀(Hg)や鉛(Pb)は検出されなかった。このなかでも, 天然赤鉄鉱の原石鉱物を原材料とした試料1ではカルシウム(Ca)と砒素(As)が, 同じく試料2ではアルミニウム(Al)やケイ素(Si)が, それぞれ主成分である鉄(Fe)以外の微量元素として検出された(Fig. 4, 5)。鉱物結晶相の分析結果においても, 試料1は主要構成物質である酸化第二鉄(hematite: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)以外にカルサイト(calcite: CaCO_3)が, 試料2では石英(quartz: SiO_2)やカオリナイト(kaolinite: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)が鉱物結晶相として検出された(Fig. 6, 7)。この2試料を電子顕微鏡観察すると, いずれも実験室レベルで原石鉱物を磨り潰して60メッシュ篩を行なった粉末微粒子であるためか, 個々の顔料粒子の大きさはやや不均一であるが, 基本的には $0.2\sim 0.4\ \mu\text{m}$ 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)の形態を有する微細粉末粒子の集合体であった(Photo 10, 11)。

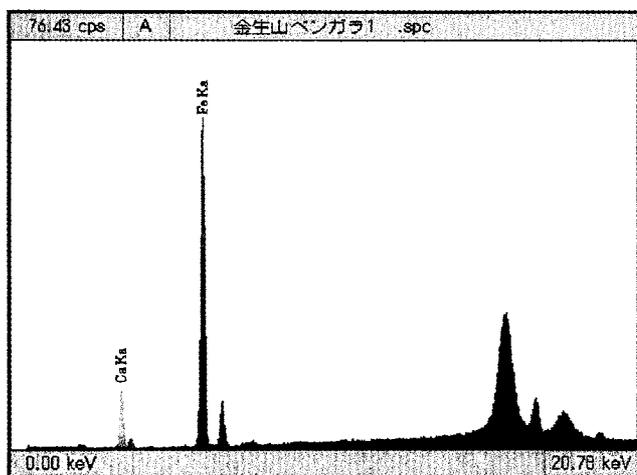


図4 試料1の蛍光X線分析スペクトル
Fig.4 X-ray fluorescence spectrum of sample.1.

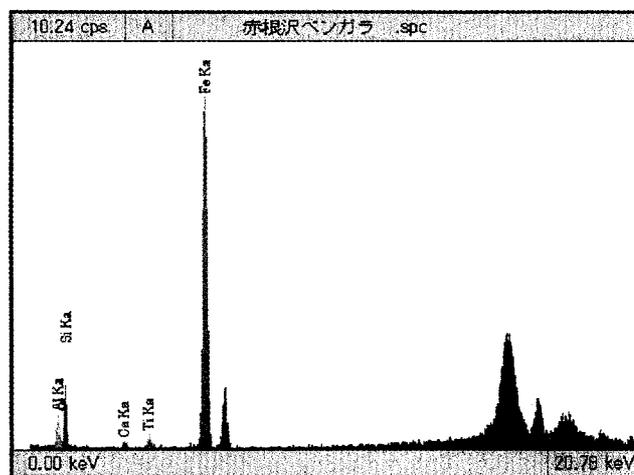


図5 試料2の蛍光X線分析スペクトル
Fig.5 X-ray fluorescence spectrum of sample.2.

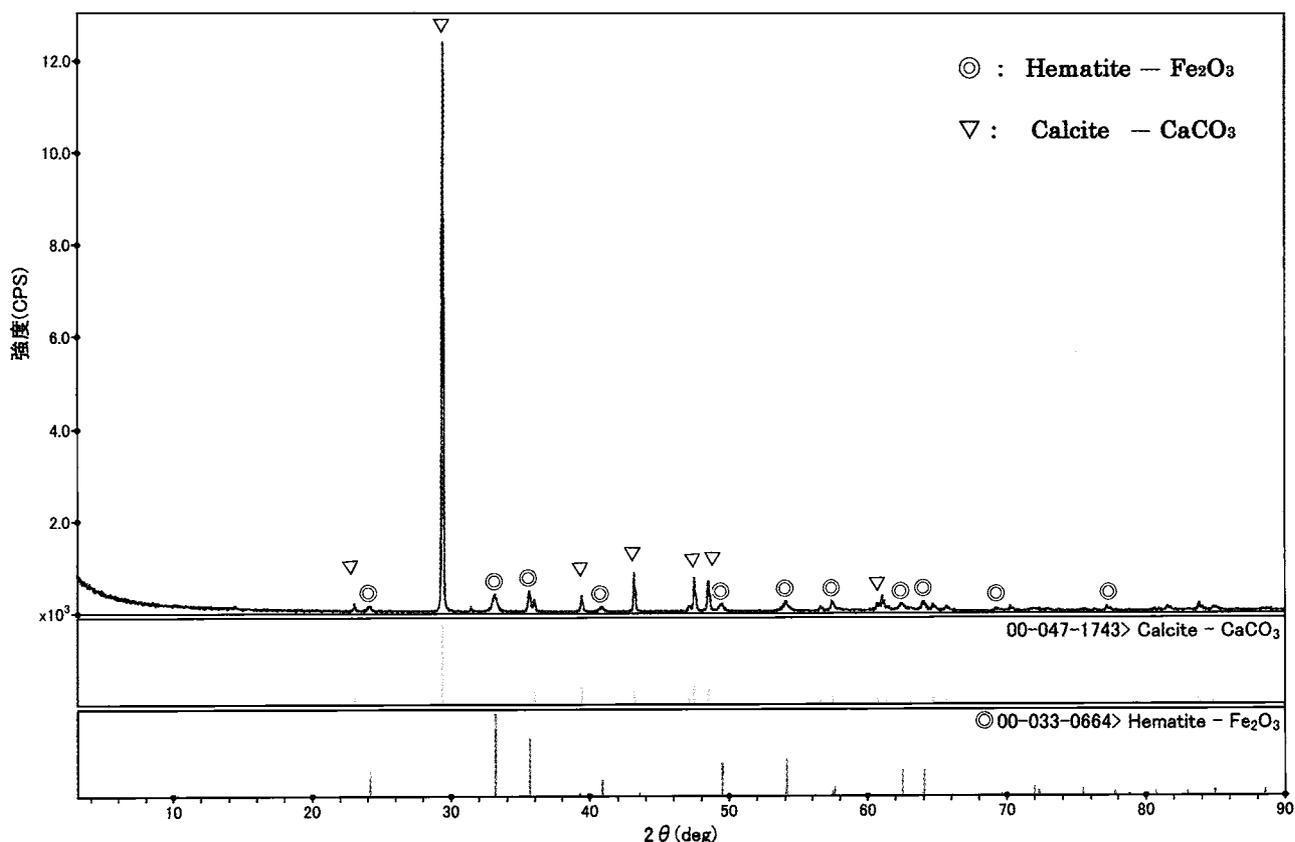


図6 試料1のX線回折分析パターン
Fig.6 X-ray diffraction pattern of sample.1.

また、示差熱分析結果では、試料1では減量曲線・示差熱曲線ともに700~720°C前後に明瞭な変化のピークが検出された。しかし、試料2は、僅かに600°C前後と970°C前後に変化のピークが確認される分析結果が得られたものの、基本的には明瞭な変化は見出されなかった(Fig.8)。これらの赤色顔料としての赤い色相は、試料1ではやや褐色が優勢な赤褐色系(マンセル表示:2.5Y

R4/8, 赤褐:reddish brown), 試料2ではやや赤紫色系(マンセル表示:2.5YR4/8, 赤褐:reddish brown)である。この色相の差は、測色計a*/b*表示で示すと、試料1は平均値1.37, 試料2は2.03の差として算定された。

一方、赤土土壌である試料3は、やや淡い紫紅色系もしくは小豆色系を呈する赤い色相(マンセル表示:2.5Y

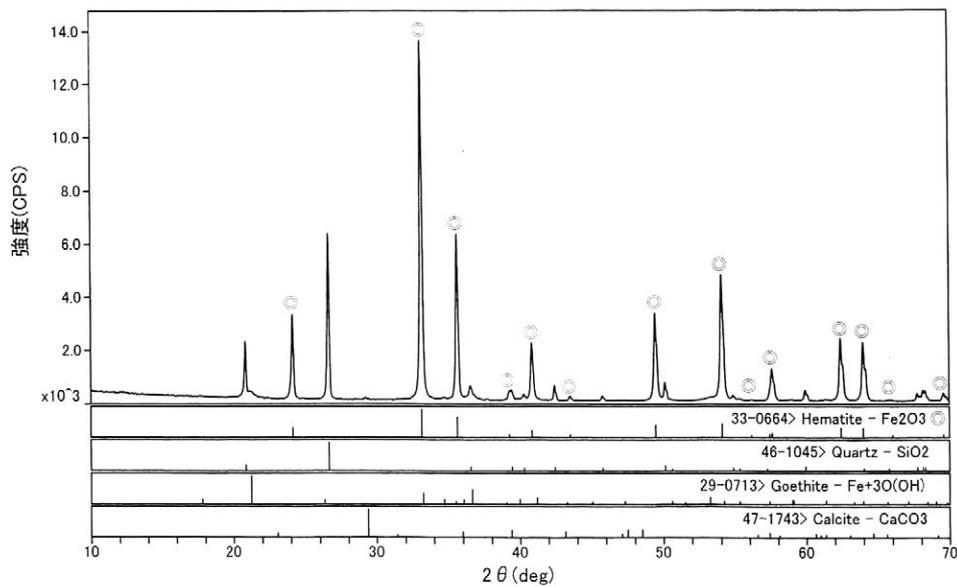


図7 試料2のX線回折分析パターン
Fig. 7 X-ray diffraction pattern of sample.2.

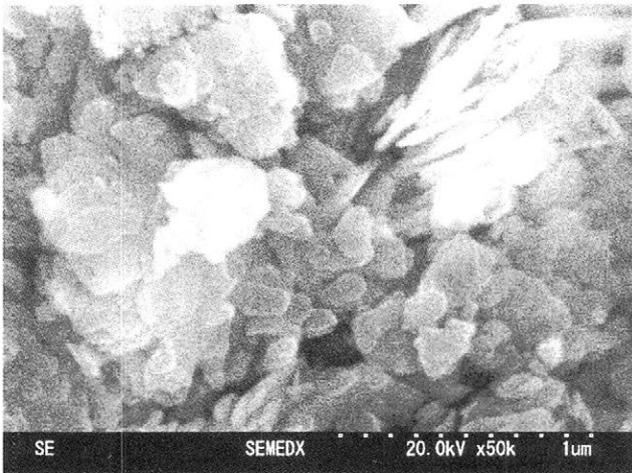


写真10 試料1の電子顕微鏡写真(50,000倍)
Photo 10 Scanning electron micrograph of sample.1. (X50,000).

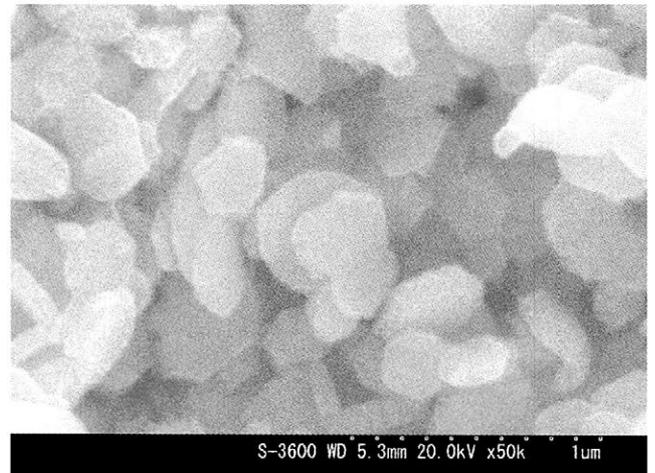


写真11 試料2の電子顕微鏡写真(50,000倍)
Photo 11 Scanning electron micrograph of sample.2. (X50,000).

R 4/8, 赤褐: reddish brown)であった。この試料は、蛍光 X 線分析の結果、鉄 (Fe) とともにマンガン (Mn) が多く含まれていた (Fig. 9)。鉱物結晶相では、石英 (quartz: SiO_2)、針鉄鉱であるゲーサイト (goethite: $\text{FeO}(\text{OH})$)、ヘマタイト (hematite: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) として産する酸化第二鉄の結晶鉱物相は僅かに検出されるものの、基本的には非晶質物質によるブロードなピークが優勢であった (Fig. 10)。そして、この試料の電子顕微鏡観察では、極めて不定形を呈する非晶質物質である夾雑物質のなかに、試料 1,2 に比較して若干不定形ではあるものの、基本的には六角板状もしくは魚鱗薄片状 (薄板雲母状) の形態を呈した鉄 (Fe) を主成分と

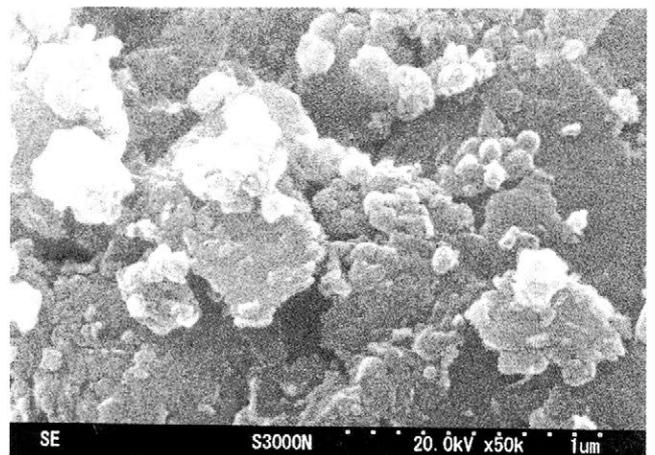


写真12 試料3電子顕微鏡写真(50,000倍)
Photo 12 Scanning electron micrograph of sample.3. (X50,000).

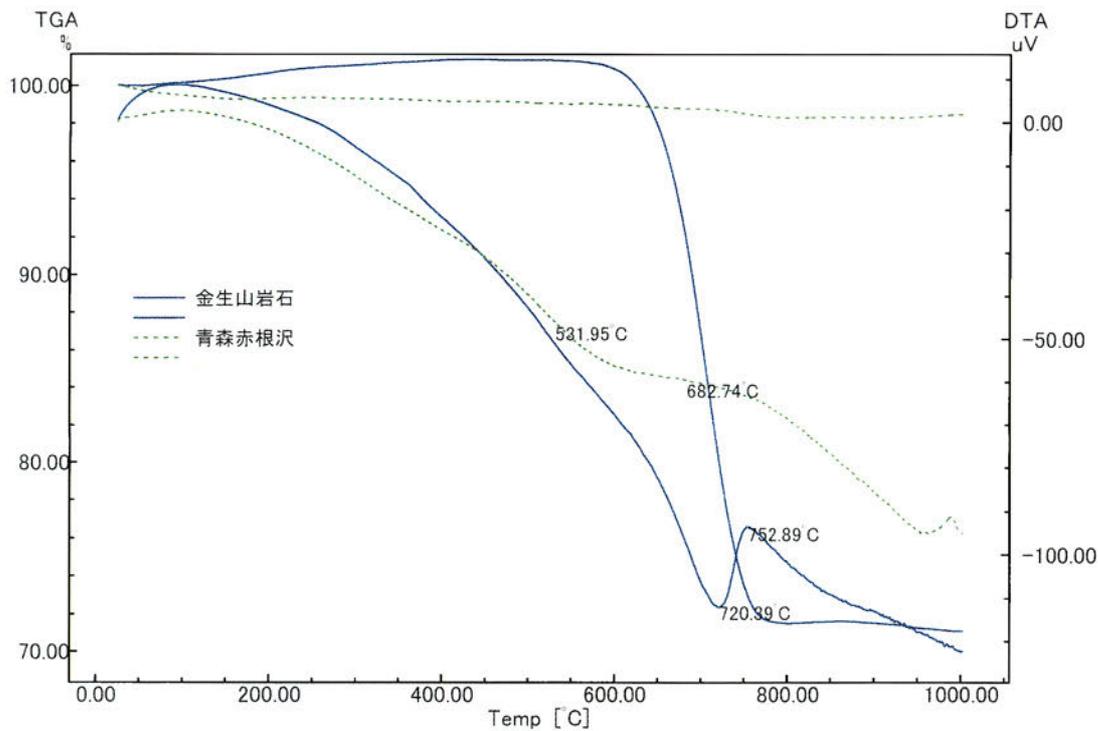


図8 試料1および試料2の示差熱分析曲線
Fig.8 TG and DT curves of sample.1 and sample.2.

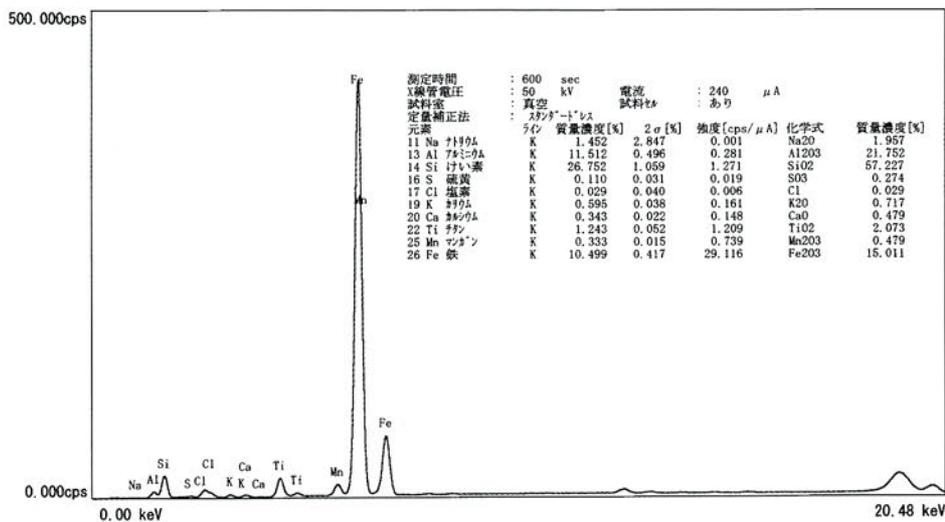


図9 試料3の蛍光X線分析スペクトル
Fig.9 X-ray fluorescence spectrum of sample.3.

した0.2μm前後の微細粒子（EPMA 元素マッピングによる）が少量ながら混在していた（Photo 12）。この生試料を設定温度の条件別に加熱すると、700℃、1000℃へと高くなるに従い、基本的な色相には大きな変化は認められないものの、やや赤い色相味が強くなる傾向が観察された。示差熱分析の結果では、減量曲線・示差熱曲線ともに500℃前後に速やかで明瞭な変化が確認された（Fig. 11）。このような加熱工程を経て製品となった試料

3-2は、土壌夾雑物である石英（quartz : SiO₂）は若干見出されるものの、酸化第二鉄（hematite : α-Fe₂O₃）は極めて明確に検出された（Fig. 12, 13）。そして、試料3-1では少量しか観察されなかった六角板状形もしくは薄板雲母状を呈する鉄（Fe）を主成分とした微細粒子も、多数集合した状態で電子顕微鏡観察された（Photo 13）。

次に、年代観が明らかな出土赤色顔料である試料4、

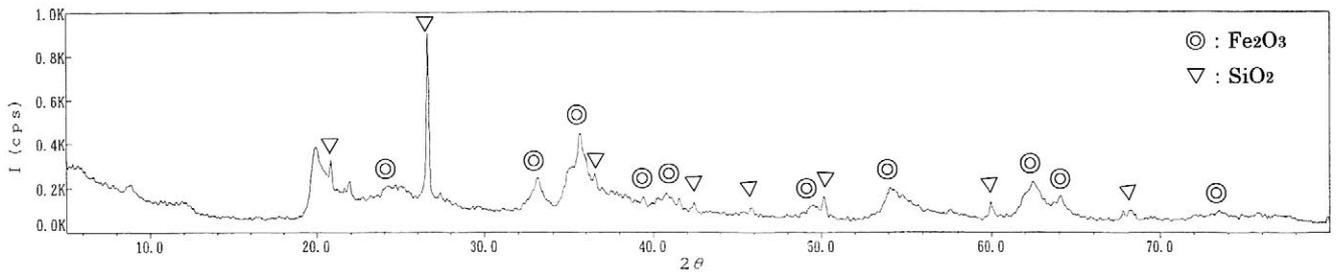


図10 試料3のX線回折分析パターン
Fig. 10 X-ray diffraction pattern of sample.3.

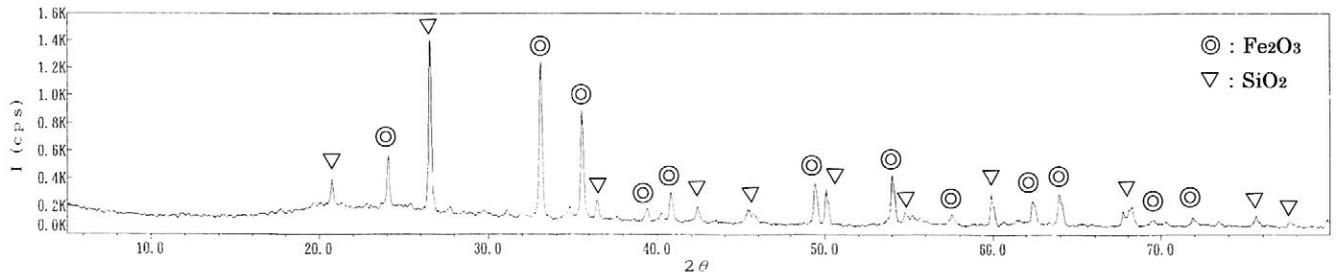


図11 加熱実験後の試料3のX線回折分析パターン
Fig. 11 X-ray diffraction pattern of sample.3 after heating process.

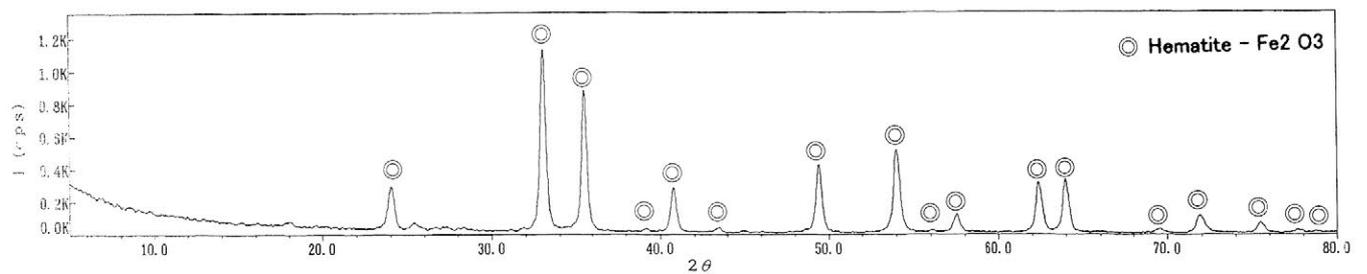


図12 試料3-2のX線回折分析パターン
Fig. 12 X-ray diffraction pattern of sample.3-2.

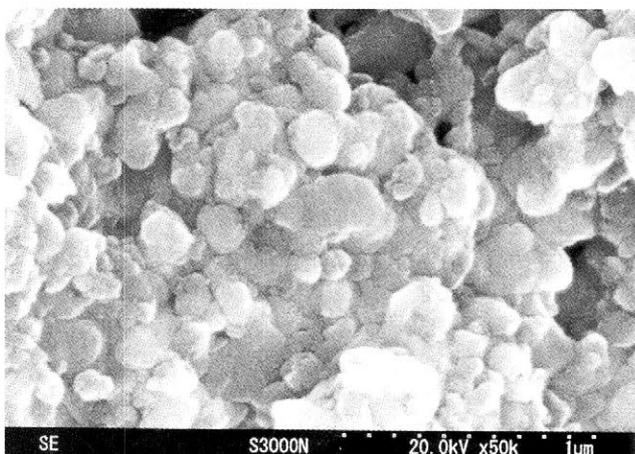


写真13 試料3-2電子顕微鏡写真(50,000倍)
Photo 13 Scanning electron micrograph of sample.3-2. (X50,000).

5, 6に関する調査結果を述べる。まず試料4は、極めて鮮明な真紅色(マンセル表示: 7.5R 4/6 赤:red)の赤い色相を呈しており、 a^*/b^* 表示では1.63が算定された(Table 1)。この試料は、蛍光X線分析およびX線回折分析結果では、夾雑物質がほとんど検出されない純度が高い酸化第二鉄(hematite: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)の小塊片であった(Fig. 14, 15)。示差熱分析においても、明瞭な変化は見出されなかった(Fig. 16)。そして、金属顕微鏡観察では極めて均質な形態と粒度をことが認められた(Photo. 14)。これらは、 $0.2\mu\text{m}$ 程度の扁平な微薄片の微細粉末の顔料粒子が集合して小塊片を構成している点が電子顕微鏡観察された(Photo 15)。この個々の粒子の粒度の均質性は、粒度分布の計測結果によっても追認

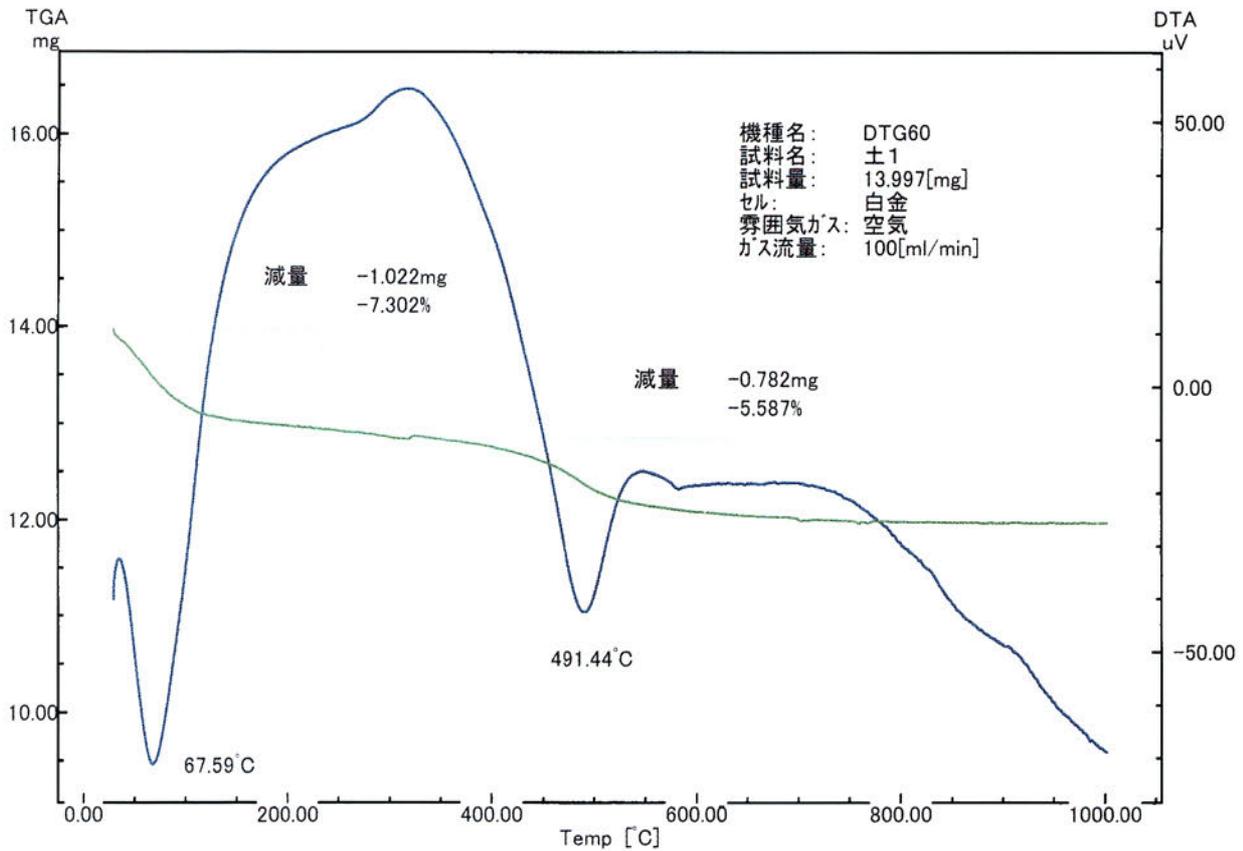


図 13 試料 3 の示差熱分析曲線
 Fig. 13 TG and DT curve of sample.3.

表 1 各試料の赤い色相
 Table 1 Red color tone of several samples.

sample No.	sample	L*	a*	b*	a*/b*	mansele indication	color	color
1	試料1	48.09	19.38	14.11	1.37	2.5YR4/8	reddish brown	赤褐
2	試料2	46.32	19.29	9.52	2.03	2.5YR4/8	reddish brown	赤褐
3	試料3	56.17	20.47	18.25	1.12	2.5YR4/8	reddish brown	赤褐
4	試料4	49.46	31.92	19.58	1.63	7.5R4/6	red	赤
5	丹土ベンガラ(若狭ベンガラ)	51.11	18.24	14.54	1.25	10R5/8	bright reddish brown	赤
6	鉄丹ベンガラ(東大出土)	47.01	19.56	14.63	1.37	2.5YR3/6	dark reddish brown	暗赤褐
7	ローハベンガラ(礬紅:吹屋弁柄)	49.51	21.11	13.08	1.61	7.5R4/8	red	赤
8	現代の工業製品ベンガラ(日本弁柄工業社製)	48.23	22.14	12.75	1.74	10R4/8	red	赤

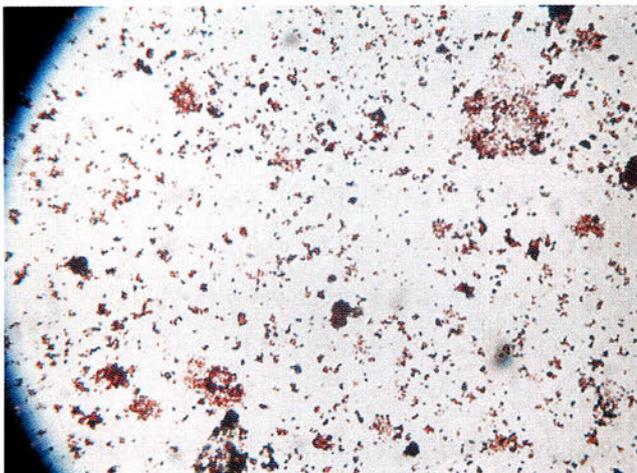


写真 14 試料 4 の透過顕微鏡写真 (100 倍)
 Photo 14 Micrograph of sample.4. (X100).

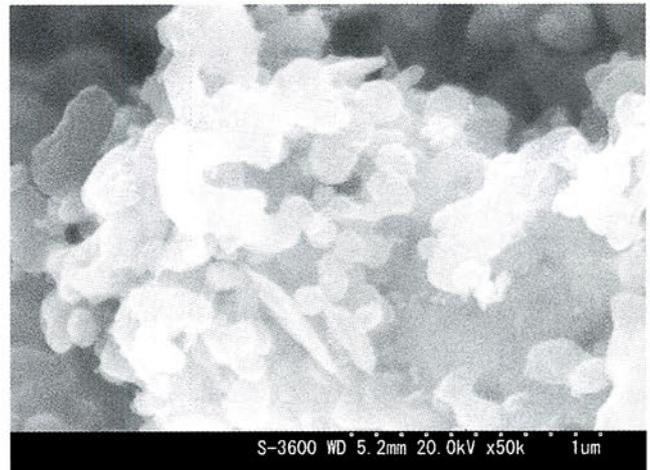


写真 15 試料 4 の電子顕微鏡写真 (50,000 倍)
 Photo 15 Scanning electron micrograph of sample.4. (X50,000).

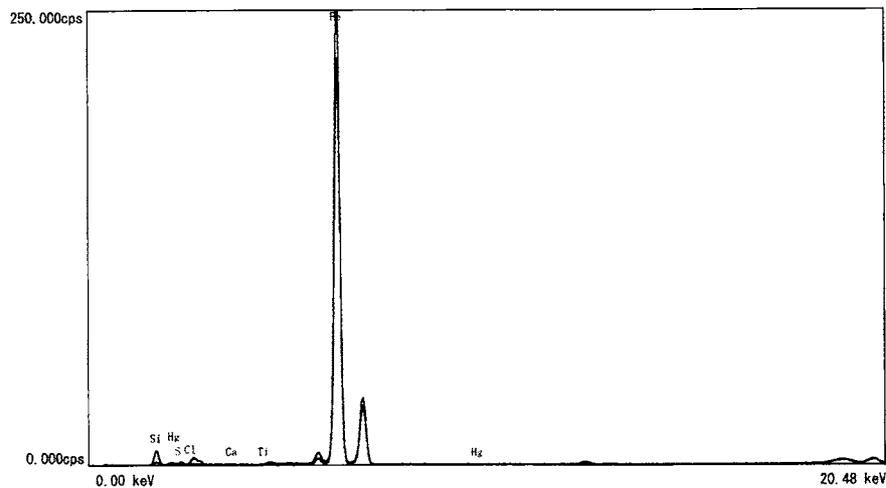


図14 試料4の蛍光X線分析スペクトル
Fig. 14 X-ray fluorescence spectrum of sample.4.

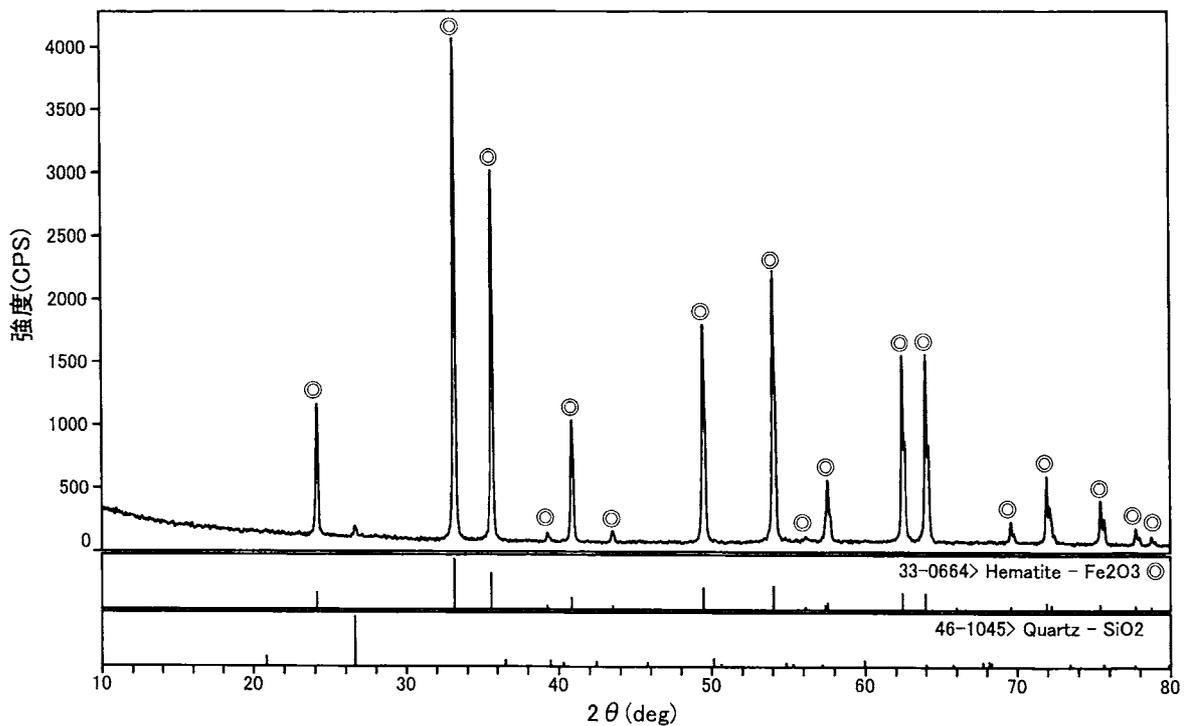


図15 試料4のX線回折分析パターン
Fig. 15 X-ray diffraction pattern of sample.4.

される (Fig. 17)。

試料5は、いずれも出土軒平瓦に付着もしくは塗装されていた微量の赤色顔料である。そのためX線回折分析は行っていないが、蛍光X線分析では鉄 (Fe) が顕著に検出された (Fig. 18)。この試料群の個々の顔料粒子の形態と集合状態は、試料1, 2, 3, 4と類似した0.2~0.4 μm 程度で厚みは0.05 μm 以下の扁平な微薄片の微細粉末の顔料粒子の形態が電子顕微鏡観察された (Photo 16-1, 16-2)。なお、このうちの1点にはこの扁

平な六角板状型粒子のベンガラ粒子の中に、パイプ状ベンガラと呼称される中空円筒状の粒子構造も混入して観察された (Photo 17-1, 17-2, 17-3)。そして、この試料群は、いずれもやや紫赤色系が強い赤い色相 (マンセル表示: 7.5R 4/8, 10R 4/6 赤: red) であった (北野: 2006a)。

試料6は、建造物部材に塗装されたやや暗赤褐色もしくは海老茶色系を呈する赤色漆の使用顔料である。蛍光X線分析を行った結果、ケイ素 (Si) および鉄 (Fe)

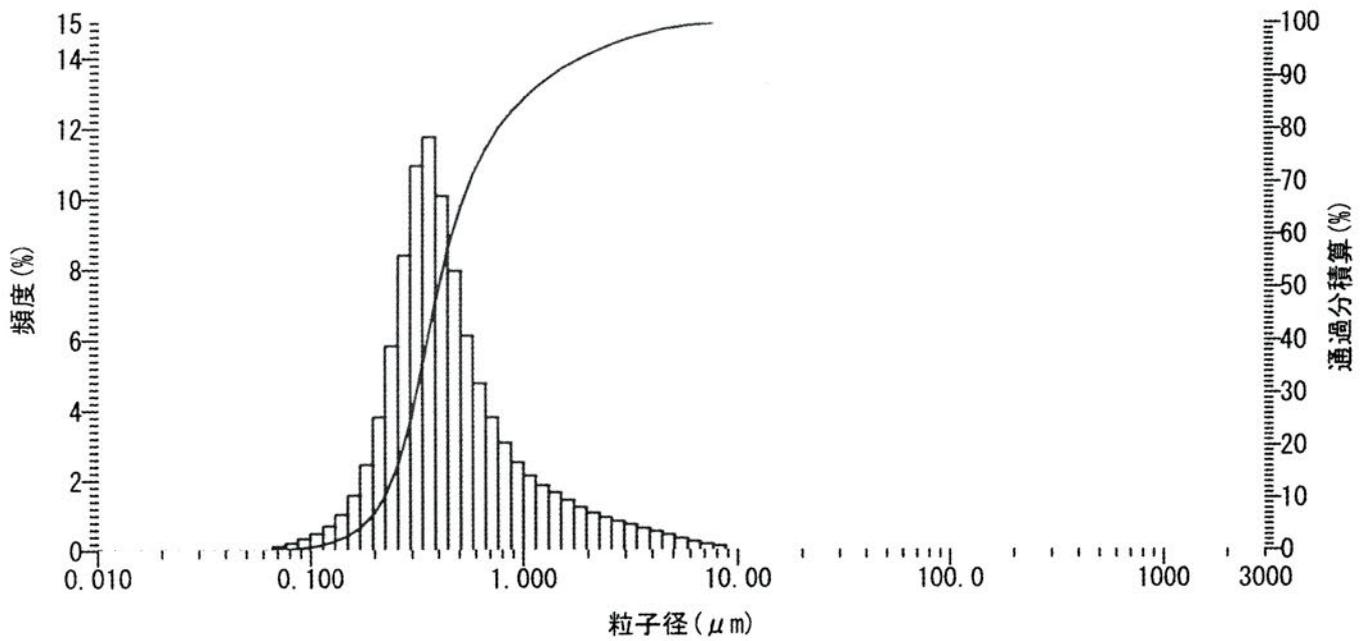


図 16 試料 4 の粒度分布分析結果
 Fig. 16 Particle size distribution of sample.4.

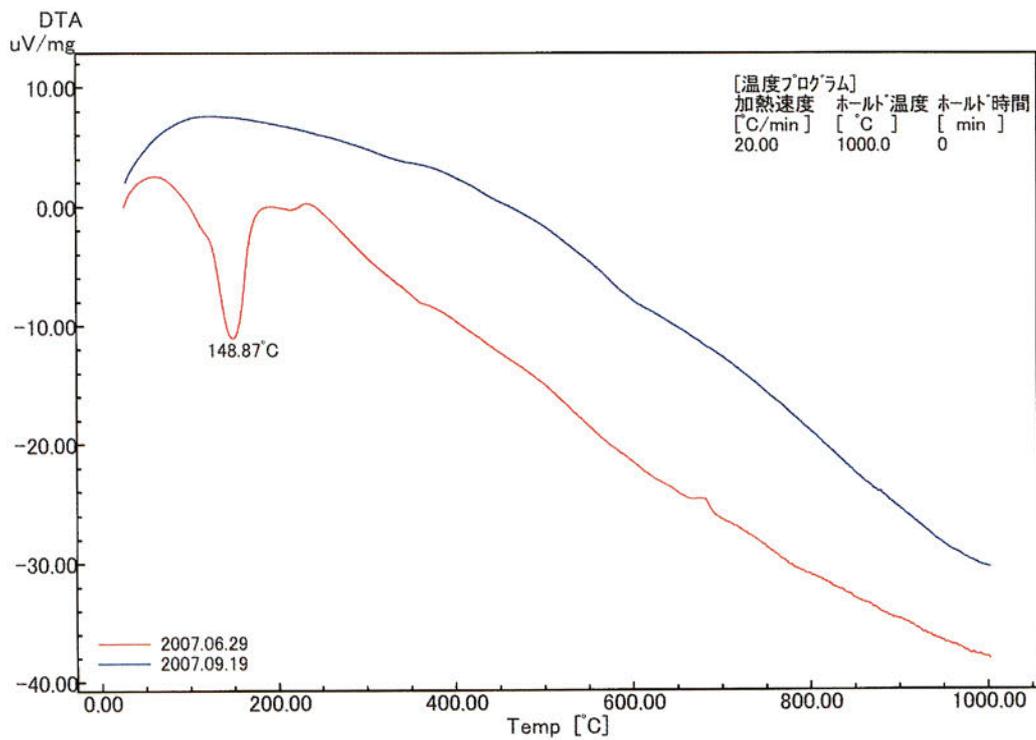


図 17 試料 4 の示差熱分析曲線
 Fig. 17 TG and DT curves of sample.1 and sample.4.

の強いピークは認められるが、水銀 (Hg) と鉛 (Pb) は検出されなかった (Fig. 19)。この赤色顔料が混入されている塗料は、FT-IR 分析の結果、3450, 2930, 2850, 1700, 1650, 1460, 1270 cm^{-1} (波数) 付近に特徴的な吸収を示した (Fig. 20)。これは、現代の日本産漆 (浄法寺産漆) の標品試料を同じ FT-IR 分析した場

合に得られる 1710~1720, 1630, 1450~60, 1270 cm^{-1} の漆塗料の特徴的な吸収と近似していた。そしてこの試料 6 の大きな特徴は、極めて粒度が粗い顔料粒子が漆の塗膜内に観察される点にある (Photo 18)。この点に関する電子顕微鏡観察では、石英鉱物の結晶破断面に特徴的なヘッ界面が顕著にみられた (Photo 19)。また金属

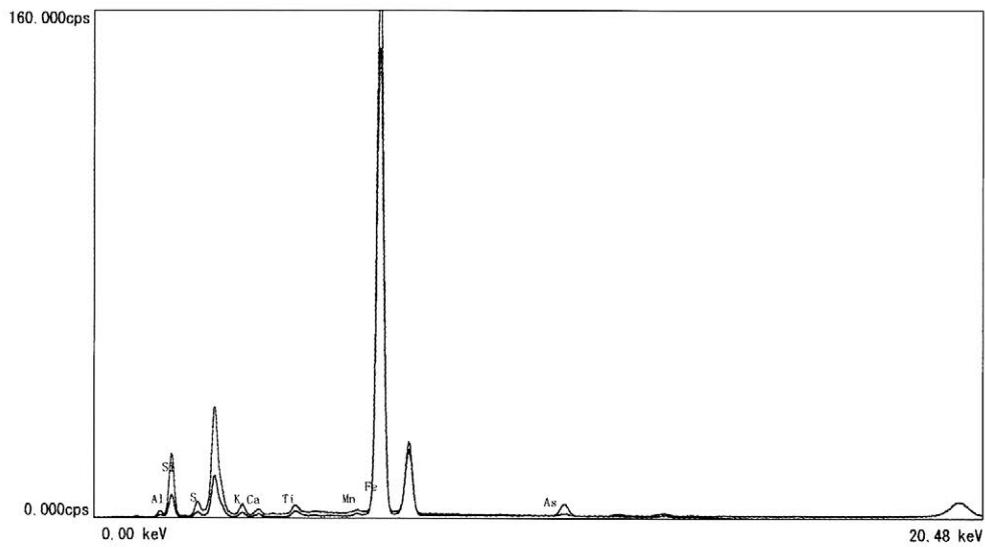


図 18 試料 5 の蛍光 X 線分析スペクトル
 Fig. 18 X-ray fluorescence spectrum of sample.5.

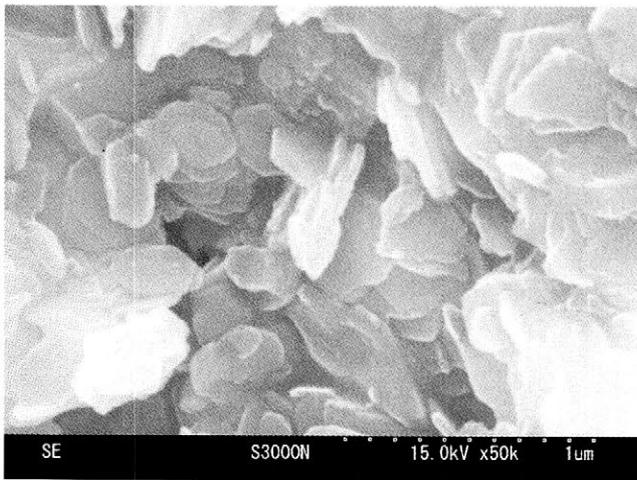


写真 16-1 試料 5-1 の電子顕微鏡写真 (50,000 倍)
 Photo 16-1 Scanning electron micrograph of sample.5-1.
 (X50,000).

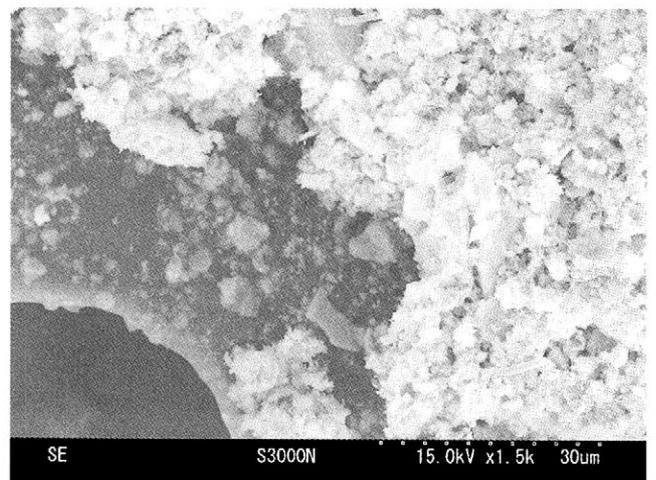


写真 17-1 試料 5-3 の電子顕微鏡写真 (1,500 倍)
 Photo 17-1 Scanning electron micrograph of sample.5-3.
 (X1,500).

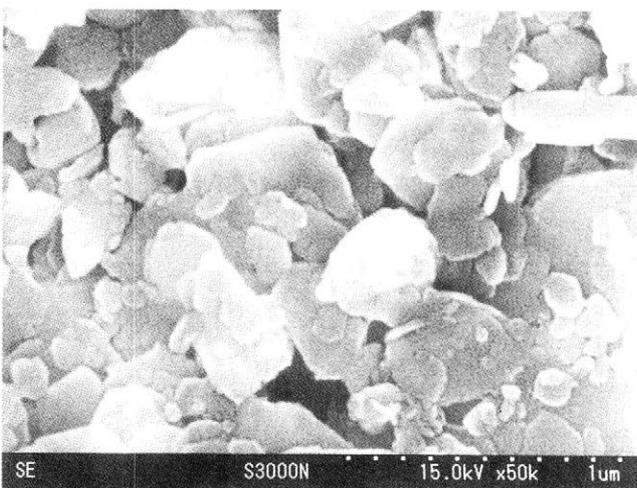


写真 16-2 試料 5-2 の電子顕微鏡写真 (50,000 倍)
 Photo 16-2 Scanning electron micrograph of sample.5-2.
 (X50,000).

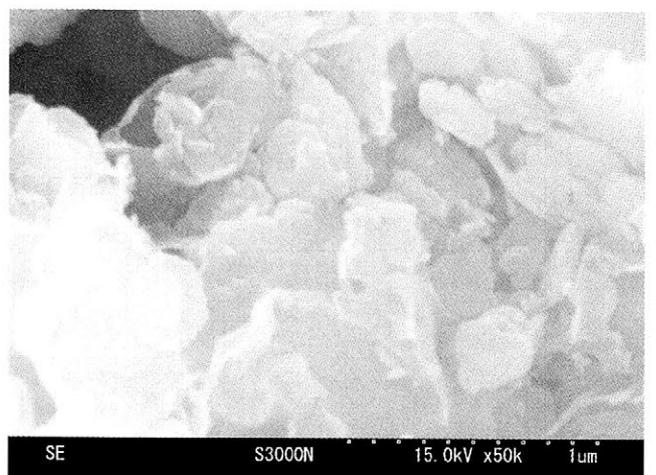


写真 17-2 同赤土ベンガラ部分の拡大 (50,000 倍)
 Photo 17-2 Scanning electron micrograph of Akatuchi
bengala particle grains. (X50,000).

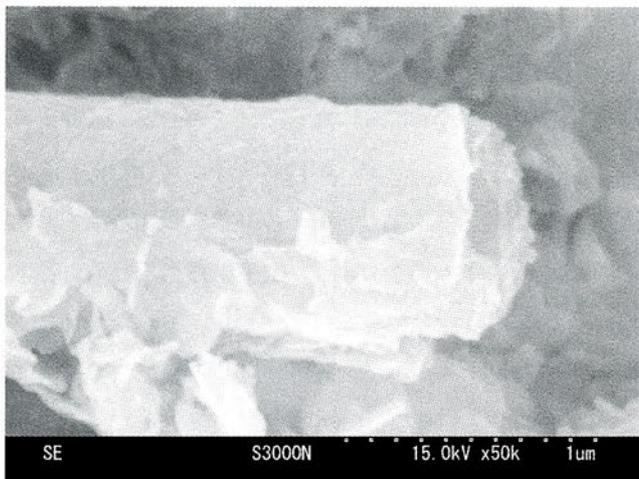


写真 17-3 同パイプ状ベンガラ部分の拡大 (50,000 倍)
 Photo 17-3 Scanning electron micrograph of Pipe-shaped bengala particle grain. (X50,000).

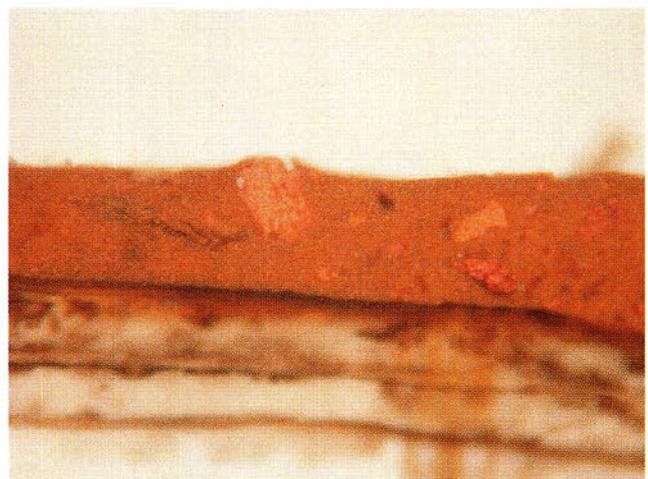


写真 18 試料 6 の断面構造の観察 (250 倍)
 Photo 18 Micrograph of cross-section red *urushi* (contain sample.6). (X250).

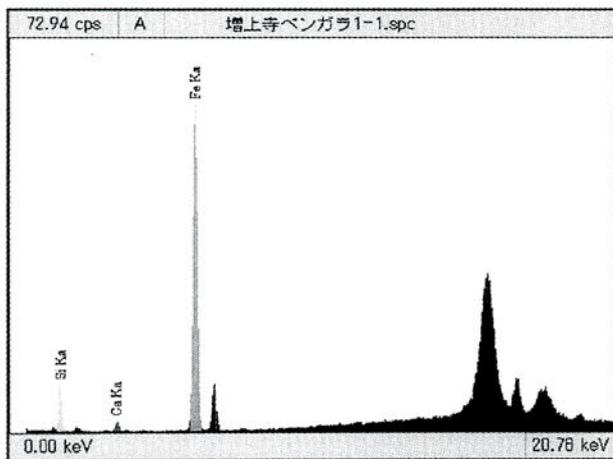


図 19 試料 6 の蛍光 X 線分析スペクトル
 Fig. 19 X-ray fluorescence spectrum of sample.6.

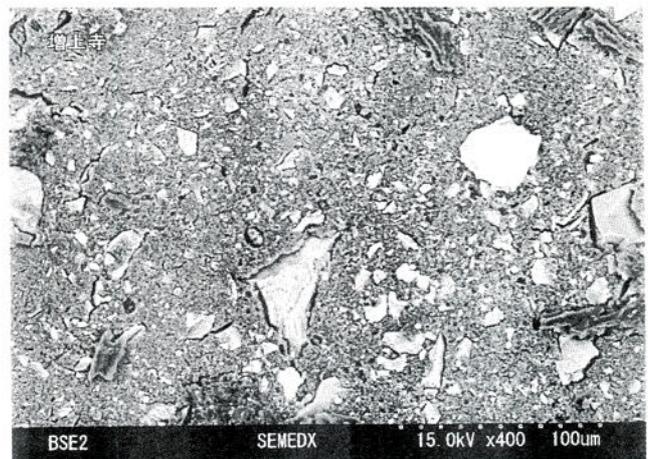


写真 19 同表面の電子顕微鏡写真 (400 倍)
 Photo 19 Scanning electron micrograph of surface red *urushi* (contain sample.6). (X400).

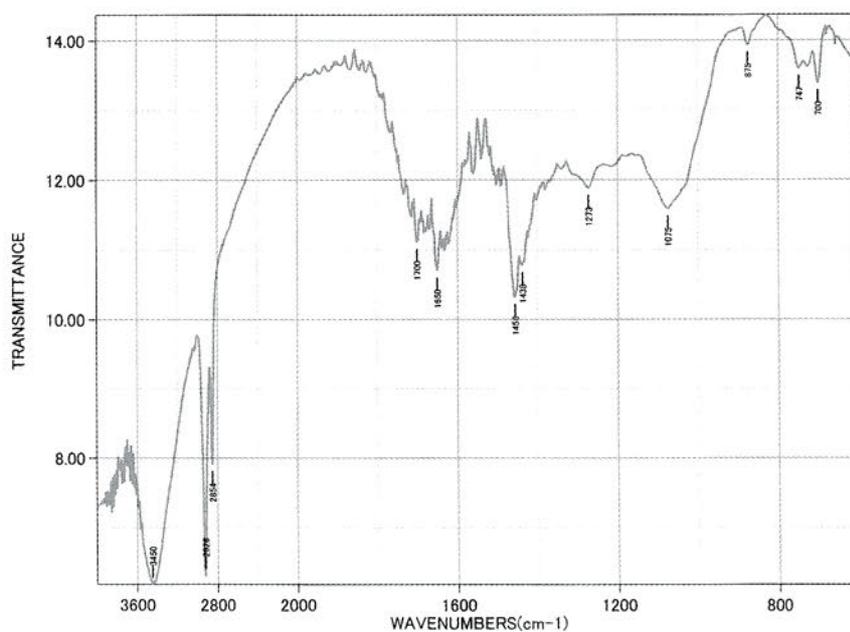


図 20 試料 6 の赤色漆の FT-IR 分析スペクトル
 Fig. 20 FT-IR spectrum of red *Urushi* of sample.6.

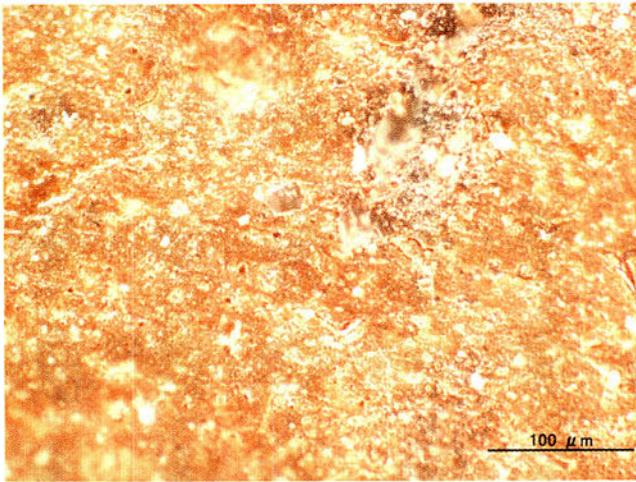


写真 20-1 試料 6 のベンガラ粒子の観察 (250 倍)

Photo 20-1 Micrograph of *bengala* particle grains (sample.6). (X250).

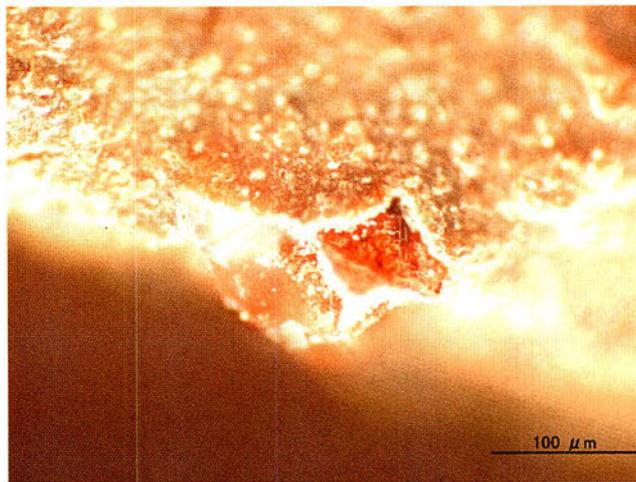


写真 20-2 同 拡大 (500 倍)

Photo 20-2 Magnification same sample. (X500).

顕微鏡観察では、透明感が高い石英結晶の中に酸化第二鉄由来の赤い色相の鉱物が混在している状況が明確に確認された (Photo 20-1, 20-2)。

4. 考察

本稿では、『延喜式』などの古い文献史料にも建造物の造営資材の一つとして登場するが、少なくとも近世の文献史料には木造建造物の塗装材料として調達されたことが明記されている「赤土」を、広義の酸化鉄系の赤色顔料の一つである「赤土ベンガラ」という概念でとらえ、基本的な性状と製法、具体的な使用状況を知ることを主目的とした基礎調査を行なった。

まず、「赤土」の名前が具体的に登場する文献史料は、『正倉院文書』や『延喜式』、『政事要略 五十七 交替

雑事十七 雑公文事』などである。ここからは少なくとも石山寺などの大規模寺院や中央政庁である平安宮内の主要建造物の造営・補修に際して、これらが調達されたことが指摘される。一方、時代は下るが、江戸時代には天然赤鉄鉱の原石鉱物である「津軽赤根沢の赤土 (すなわち鉱物系の赤土ベンガラ)」を徳川將軍家霊廟建造物に、自然露頭の赤土である「久米赤土 (すなわち土壌系の赤土ベンガラ)」を琉球王朝首里城正殿などの少なくとも歴史的な主要建造物の外観塗装材料としてそれぞれ使用されたことが文献史料からは理解される。

ところで、江戸時代には赤色顔料として「赤土」とともに固有名詞が登場する「代赭」について、『本草綱目啓蒙』は、「和産ハ濃州赤坂ニアリ」と記述している。この濃州赤坂とは現在の岐阜県赤坂町である。そして、ここで産出する和産の「代赭」とは、赤坂町内の「岐阜金生山」から産出する天然赤鉄鉱の原石鉱物に相当しよう。その一方で、津軽藩の公用記録である『御用格、不時御献上之部』は、同じ天然赤鉄鉱を原材料とした赤色顔料を「赤土」と呼称し、これを建造物の塗装材料として用立てたことを記録している。さらに、『本草綱目啓蒙』や『甲斐国志』などは、同じ「赤土」という固有名詞の赤色顔料について、赤土とはすべてが天然赤鉄鉱の原石鉱物を原材料としてこれを粉砕して微細粉末とした赤色顔料というわけではないことを述べている。ここからは、極めて単純なことであるが、単に赤い色相が強い自然堆積土壌も肉眼的には同じ赤い土 (すなわち赤土) であるため、一括して認識されていた点が示唆されるのである。すなわち、文献史料が「赤土」と記す赤色顔料とは、(1) 天然赤鉄鉱の原石鉱物を、一旦加熱～急冷して脆弱にさせた上で細かく粉砕して磨り潰し、最終的には水簸作業を経て粒度や色味調整を行った鉱物系の顔料、(2) 単に赤い色相が強い天然土壌 (赤土) を回収して精製する土壌系の顔料、の二種類を指したものと考えられる。後者は、さらに天然赤鉄鉱の原石鉱物が自然風化して脆弱粉砕化された赤土土壌と、単に赤い色相が強い粘土系の風化生成土壌 (いわゆるラテライト土壌) の赤土土壌に細分化される。ところが、一般的には目視のみでは両者の分類は困難であると推察されるため、いずれも同じ「赤土」として認識されよう。本稿ではこの点

を考慮に入れて、以後、鉍物系・土壌系両者のベンガラ顔料を一括して、広義の「赤土ベンガラ」とまとめることとする。

本稿では、各種文献史料に「赤土」の原材料の実例として登場する（１）美濃金山産（試料１）と津軽赤根沢産（試料２）の天然赤鉄鉍の原石鉍物、（２）久米赤土（試料３）の赤色土壌を「赤土ベンガラ」の比較標準試料（標品）として、各種基礎実験と分析調査を行なった。さらに、（３）京都市内出土の奈良時代末～平安時代前期頃の赤色顔料の小塊片（試料４）、（４）木造建造物関連の出土資料（平安時代前期頃の平安宮朝堂院跡出土軒平瓦に付着した赤色顔料（試料５）と、江戸時代前期頃の芝増上寺台徳院靈廟建造物関連部材の塗装材料（試料６）に関する分析調査も併せて行なった。

まず、各試料の構成無機元素を分析した結果、いずれも鉄（Fe）が強く検出され、水銀（Hg）や鉛（Pb）は検出されなかった。そのためいずれの試料も、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： Pb_3O_4 ）ではなく、酸化鉄の赤い色相を主成分としたベンガラ（酸化第二鉄： $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）顔料であると理解した。

なかでも、天然赤鉄鉍である試料１ではカルシウム（Ca）とヒ素（As）が、試料２ではアルミニウム（Al）とケイ素（Si）がそれぞれ微量元素成分として検出された。さらに鉍物結晶相においても、主要構成物質である酸化第二鉄（hematite： $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）以外、試料１ではカルサイト（calcite： CaCO_3 ）が、試料２では石英（quartz： SiO_2 ）やカオリナイト（kaolinite： $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ）が検出された。また、示差熱分析の結果では、両者の減量・発熱の遷移温度には違いが見られた。この両者のピークの違いには、赤鉄鉍の鉍物自体の変化に伴うというよりは、鉍物に混入しているこれら夾雑物由来のピークである可能性もありうる。これまでの先行研究では、美濃金山産天然赤鉄鉍の起源は母岩である金山石灰岩の鉄分集積に求められ、一方、津軽赤根沢産天然赤鉄鉍の母岩には頁岩および石英鉍脈を挟む特徴があることが知られている（八賀：1999，肴倉：1967）。もちろん、本調査における酸化第二鉄以外の微量成分の由来は、まずは周辺土壌などの夾雑物質の存在（汚染物質）

が第一に想定される。しかし、その一方で考慮すべき点は、各顔料の原材料である赤鉄鉍原石鉍物の由来もしくは鉍山の特徴を反映する可能性も従来から指摘されていることである（吉木：1959）。

次に、個々のベンガラ顔料粒子の形態的特徴を電子顕微鏡観察した結果、『本草綱目啓蒙』が「破レバ堅クシテ、薄クヘゲルナリ」と指摘するように、それぞれ若干形態は異なるものの、基本的にはいずれも $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ 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。これは、丹土ベンガラの個々の顔料粒子の形態や集合状態とは若干類似する試料も一部には存在するものの、（１）乾式法により作製されるため $0.1\mu\text{m}$ 前後の球状微粒子構造を呈する人造顔料系の「ローハベンガラ」や「鉄丹ベンガラ」、（２） $0.1\mu\text{m}$ 程度の微細なベンガラ粒子が直径 $1\mu\text{m}$ 程度のコイル状に巻いて数 μm 程度の長い細長いチューブ状もしくは中空円筒状の特異な形態を呈する「パイプ状ベンガラ」、（３）さらには湿式法によって作製されるため表面が平滑で扁平な粒子構造を呈する工業製品の「現代のベンガラ」などとは、少なくとも基本的に異なる形態的特徴の一つである（Photo. 21-1～21-5）。

その一方で、天然赤鉄鉍の原石鉍物は、生成母岩の形成過程の違いによりそれぞれの酸化第二鉄の結晶構造の形態は異なるとされる（地団研：1970）。試料１と試料２においても、個々の粒子の結晶形態や大きさ、均一性、

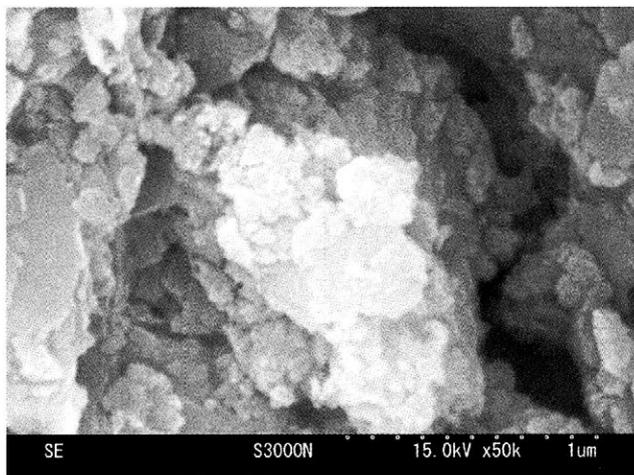


写真 21-1 丹土ベンガラ粒子の電子顕微鏡写真（50,000倍）
Photo 21-1 Scanning electron micrograph of Nituchi bengala particle grains. (X50,000).

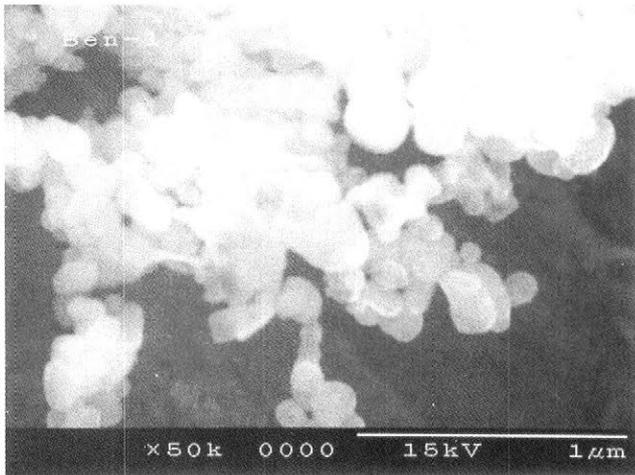


写真 21-2 ローハベンガラ粒子の電子顕微鏡写真 (50,000 倍)
Photo 21-2 Scanning electron micrograph of Roha *bengala* particle grains. (X50,000).

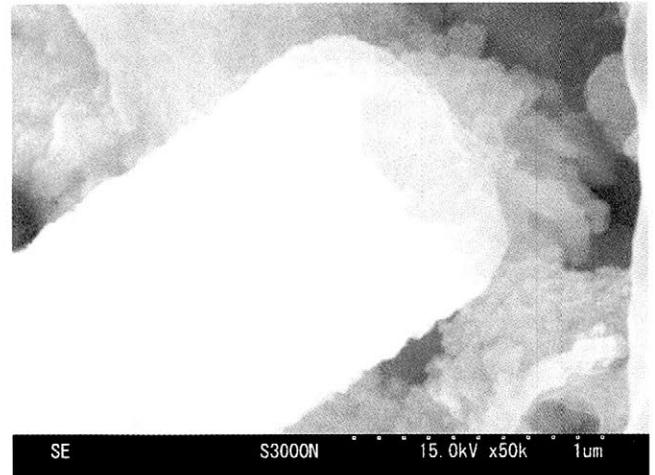


写真 21-4 パイプ状ベンガラ粒子の電子顕微鏡写真 (50,000 倍)
Photo 21-4 Scanning electron micrograph of Pipe-shaped *bengala* particle grain. (X50,000).

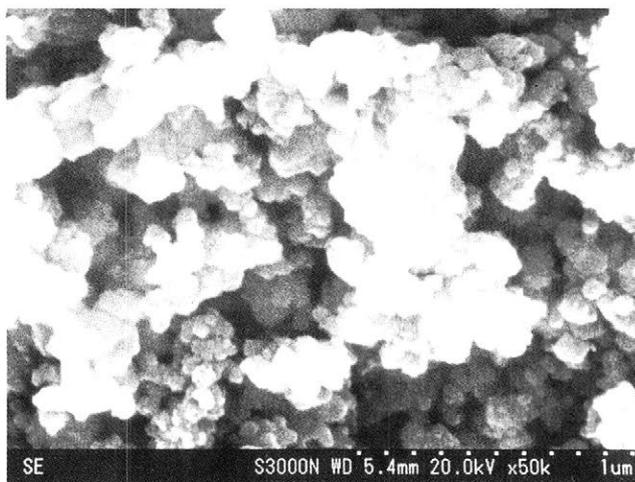


写真 21-3 鉄丹ベンガラ粒子の電子顕微鏡写真 (50,000 倍)
Photo 21-3 Scanning electron micrograph of Tetsu-Tan *bengala* particle grains. (X50,000).

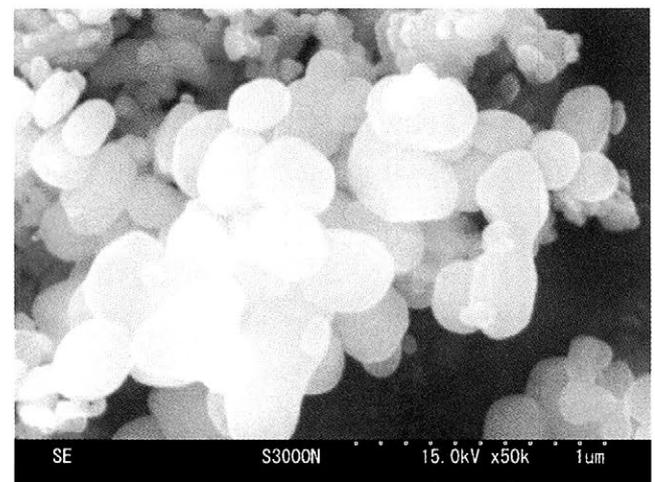


写真 21-5 現代のベンガラ粒子の電子顕微鏡写真 (50,000 倍)
Photo 21-5 Scanning electron micrograph of modern times *bengala* particle grains. (X50,000).

さらには赤色顔料としての赤い色相には若干の違いが観察された。そのため、これは、基本的にはこのような産出鉱山もしくは鉱脈の違い（由来）を微妙に反映したものであると理解している。

次に、同じ「赤土ベンガラ」ではあるが、試料 1, 2 とは異なり自然堆積の赤土土壤である試料 3 について検討を加える。この試料は、久米島の基盤岩石の一つである輝石安山岩が年平均気温 22.7°C、年間降水量 2,138 mm の亜熱帯性気候の自然環境下で長年晒された結果生成された赤土の風化生成土壤である。現地調査で採取した生試料の赤土土壤を蛍光 X 線分析した結果、鉄 (Fe) 成分が顕著に検出された。この鉄 (Fe) の由来は、原石鉱物である輝石安山岩の主要構成鉱物である輝石

(augite : $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$) などであろう。通常、このような赤土土壤の結晶鉱物相は、岩石風化が進行するに従い石英 (quartz : SiO_2) やアルカリ物質は減少し、その一方で風化生成物の粘土鉱物であるハロイサイト (halloysite : $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) や鉄成分が酸化する際の中間生成物である鉄サビ系の針鉄鉱 (goethite : $\text{FeO}(\text{OH})$) が増加する傾向にあるとされる (MINATO : 1987)。そして、この鉄サビ系物質は、最終的には安定した酸化第二鉄 (hematite : $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) となる。試料 3 の場合も、非晶質成分のブロードなピークの中に赤い色相の由来である酸化第二鉄が僅かながら見出された。いうまでもなく酸化鉄系の赤色顔料を日本では通常「ベンガラ」と称する。この固有名詞の語源自体は、熱帯多雨

林地域に卓越する赤土のラテライト性土壌、なかでもとりわけインドのベンガル地方の赤土の赤い色相が鮮やかであったために、「ベンガルの赤い土」が訛って「ベンガラ」と称されたとされる（西山：1977）。この赤土土壌の生成メカニズムは次のように解釈される。まず、岩石の風化土壌に含まれるアルカリ成分やケイ酸は、水溶性で溶脱され易い水酸化ケイ酸（ H_4SiO_4 ）にまず化学変化する。その後、多雨のために速やかに排水され、相対的に土壌成分内には鉄（Fe）とアルミニウム（Al）が残存卓越化して集積する。次にこの鉄（Fe）とアルミニウム（Al）は、常時、高温多湿の環境条件下に置かれると、鉄分は酸化されて鉄サビ系の針鉄鉱に、そして最終的には物質的にも安定した酸化第二鉄（hematite： $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）に、その一方でアルミニウムは酸化アルミニウム（Alumina： Al_2O_3 ）への化学変化が並行して起こる。そして、結果として赤い酸化第二鉄が卓越する赤土土壌が作られるという現象である。その意味では、この試料の赤い色相の由来も、このような土壌風化によって引き起こされるラテライト化現象に伴うものであると理解されよう。

ところがこの試料3は、自然露頭から採取しただけの生試料のみでは赤色顔料という観点からは、不安定な非晶質物質や夾雑物質が多く、その一方で物質的にも安定した酸化第二鉄の含有量は少ない。そのため、ここでは示差熱分析で認められた500°C前後の明瞭な変化を考慮に入れた加熱実験を行った。その上で、赤い色相が強かった700°C12時間加熱実験後の試料について、非加熱の生試料同様のX線回折分析および電子顕微鏡による個々の粒子形態の観察を行った。その結果、X線回折分析では酸化第二鉄（hematite： $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）の明瞭な回折ピークが検出され、電子顕微鏡観察では基本的には試料1、2と類似した六角板状形もしくは魚鱗薄片状（薄板雲母状）を呈する鉄（Fe）を主成分とした微細粒子が確認された。この点を考慮に入れると、王朝時代の首里城正殿などの主要建造物の塗装材料として調達された「久米赤土」は、単に久米島内で赤い色相が強い自然露頭の赤土土壌を回収してそのまま塗装材料としたと理解するよりは、「加熱工程」を経て非晶質の含水酸化鉄の物質から赤い色相を呈する酸化第二鉄の生成を促し、さらに夾

雑物質を除去するとともに、赤色顔料としての粒度を揃えて色相を調整するための「水簸工程」を介在させた一連の人的作業が為された可能性が高いものと理解した。実際、首里城正殿復元事業の一環として作製された「久米赤土」の製品である試料3-2は、夾雑物質の少なさ、赤い色相、個々の粒子形態や集合状態など、ベンガラ顔料としての完成度の高さが良く体现されている。

それでは、実際の歴史資料である「赤土」、すなわち「赤土ベンガラ」の物的証拠とはどのようなものであろう。本稿では、出土赤色顔料の小塊片である試料4、木造建造物のベンガラ塗装との関連性が想定される出土赤色顔料の試料5、6の分析および観察を行った。

出土状況や共伴遺物の検討により年代観が明確な赤色顔料の小塊片は、他の顔料を調査する上の比較標準（スタンダード）資料としても極めて稀少な存在である。その点で試料4は、奈良時代後期～平安時代前期頃に何らかの理由で井戸内に一括投棄された須恵器類とともに埋められた履歴と年代観が明確で稀少な赤色顔料の原材料である。蛍光X線分析とX線回折分析、さらには示差熱分析を併用した結果、この試料は、不純物などの夾雑物質をほとんど含まない極めて純度が高いベンガラ顔料であることがわかった。さらに、この試料の個々の顔料粒子の形態的特徴を電子顕微鏡観察すると、「赤土ベンガラ」の標準試料として位置づけた試料1、2および試料3-2と基本的には共通するものの、それよりも更に細かい0.1~0.2 μm 程度で粒度が極めて均一に揃った天然鉱物系のベンガラ粒子の形態的特徴である六角板状もしくは魚鱗薄片状（薄板雲母状）の集合体が顕著に見出された。そのため、この試料は、天然赤鉄鉱の原石鉱物を丹念に細かく磨り潰した上で、最終的には水簸作業により粒度を揃えて作成された、均質で化学的にも極めて安定した酸化第二鉄の純度が高い微粒子粉末の集合体であると理解した。さらに赤色顔料としての赤い色相も、今日の人造ベンガラとも近い数値であり、ベンガラ顔料としては最も鮮明な真紅色の鮮やかな色相を有していた。以上の結果から、試料4は極めて良質なベンガラ顔料の小塊片であると考えられる。このようなベンガラ顔料を精製し得た当時の技術力の高さは、今後、さらに再認識されるべきものである。

次に、平安宮内の朝堂院跡エリアから出土した軒平瓦に付着した試料5についてみる。この赤色顔料が付着もしくは塗布されていた出土瓦は、いずれも平安時代前期頃に年代観が比定されている平安京近辺の鎮守庵瓦窯もしくは角社瓦窯産の西賀茂系軒平瓦である。調査の結果、この試料群における個々のベンガラ顔料粒子の形態は、若干形態は不均一ではあるものの、基本的にはいずれも0.2~0.4 μm 程度で厚みは0.05 μm 以下の扁平な微薄片の微細粉末粒子の集合体であった。これは天然赤鉄鉱の原石鉱物を磨り潰した「赤土ベンガラ」の形態的な特徴とも類似する。そのためこの試料群は、平安宮内の修・造営物資の一つとして調達されたことが記録されている「赤土」自体の物的証拠の一つであると理解した。

一方、試料6は、年代は下るが江戸時代前期頃に年代観が与えられる芝増上寺台徳院霊廟建造物関連の出上部材に塗装されていたベンガラ漆の使用顔料である。この試料を電子顕微鏡および金属顕微鏡観察した結果、天然赤鉄鉱の原石鉱物を磨り潰した物質であることが明確に確認された。この試料とほぼ同年代の文献史料は、津軽藩が徳川将軍家霊廟関連の主要建造物の外観塗装材料の一つとして「赤土山の赤土」を献上していたことを繰り返し記録している。芝増上寺に造営された二代将軍徳川秀忠（台徳院）霊廟関連建造物の塗装材料として、この「津軽赤土山の赤土」が調達されたことを直接記述した文献史料は、これまで管見し得ない。しかし、少なくともこの「津軽赤土山」に比定されている青森県今別町内の「赤根沢」産出の天然赤鉄鉱の大きな特徴の一つである石英鉱物結晶の混入がこの試料6においても顕著に観察された。今後はさらに微量成分の分析などを行い、両者の鉱物学的なマッチングによる産地推定の可能性を検討する必要もあろう。

さて、歴史的な大規模な木造建造物の外観塗装材料には、鉄分を多く含む黄土を焼いて作製するために量産には向くものの、赤い色相や材料学的な安定性はやや劣る「丹土ベンガラ」の使用が一般的であったと推察される。実際、このような出土のベンガラ顔料を観察すると、赤い色相や夾雑物質の混入度合いの多さは、純粋な天然赤鉄鉱を主成分としたベンガラ顔料とは考えにくい。すなわち、いずれも朽津や山崎が「不純なベンガラ」と評価

する「丹土ベンガラ」に相当しよう（山崎：1987，朽津：2006）。筆者も、尼寺廃寺跡・西隆寺跡・元興寺本堂・平等院鳳凰堂などの出土軒平瓦に付着した赤色顔料の調査で「丹土ベンガラ」の使用例を確認した（北野：2003，2007，北野ほか：2004）。そのため文献史料が「赤土」と称する天然鉱物系の「赤土ベンガラ」を木造建造物の塗装材料として使用する事例は、実際は稀少であり、平安宮内建造物群や徳川将軍家の霊廟建造物に代表されるような主要建造物の使用に限定されていた可能性も想定される。

また、近世においては、「ローハベンガラ」や「鉄丹ベンガラ」などの人造顔料系のベンガラ顔料の使用が、什器塗装などでは主流となる。ところが、ベンガラが大量に必要とされる寺社建造物のみならず、各地の民家建造物の外観塗装材料としては、廉価で量産に向く「丹土ベンガラ」が各地で鉄分が多い黄土などを焼いて生産され、使用されたようである（北野：2005）。その一方で、「赤土ベンガラ」は、国内では良質な天然赤鉄鉱の鉱物原石の産出がほとんどなかったため、医薬品として長崎交易を通じて中国から輸入された以外、用途も極めて限定されていたことも文献史料は伝えている（北野：1993）。その意味では、「津軽赤土山の赤土を徳川将軍家霊廟関連建造物の塗装材料として献上した」という記録と、その物的証拠の可能性も指摘される試料6の存在は、歴史的な木造建造物のベンガラ塗装としては特殊な事例といえよう。

5. まとめと今後の課題

以上、本稿では、歴史的な木造建造物のベンガラ塗装に関する調査の一環として、外観塗装材料として使用されたことが文献史料に記述されている「赤土」と呼称される赤色顔料について、基礎的な性状と製法についての考察を行なった。

その結果、「赤土」とは、いずれも赤い色相を呈する酸化第二鉄を主成分とした広義のベンガラ顔料であり、天然赤鉄鉱の原石鉱物を磨り潰した、もしくはこの天然赤鉄鉱の原石鉱物が風化作用により脆弱となり微細粉末化して自然堆積した赤土土壌を原材料とした物質であるという解釈が成り立った。ところが、近世の文献史料に

は、「赤土」とは、単に鉄分を多く含んだ赤い土の土壌を原材料として精製した赤色顔料であったという記述もみられた。すなわち、天然鉍物系と自然堆積の土壌系の二つの異なる起源を有するベンガラ顔料が混在して認識されていた可能性が指摘される。本稿では、肉眼観察では両者の分類は困難であると考え、両者を一括して広義の「赤土ベンガラ」としてまとめた。

これまでの先行研究では、古代寺院伽藍や地方の政庁建造物を中心とした古代木造建造物の外観塗装には量産タイプの「丹土ベンガラ」や「赤泥ベンガラ」が用いられたことが知られている。また、筆者の調査では、量産には向かないものの赤い色相が良好な鉄バクテリアを原材料とする「パイプ状ベンガラ」も一部の古代木造建造物で検出された。その一方で『伴大納言絵詞』や『信貴山縁起絵巻』などの平安時代の絵画史料にみられる平安宮主要建造物外観の赤彩表現や、「華堂朱戸」の言葉にも代表されるような『池亭記』や『春記』などの文献史料にみられる建造物の華やかな赤い外観塗装のイメージには、「朱」顔料の名前が登場する。

このような状況を踏まえて、本調査では、文献史料にも実名が登場する天然赤鉄鉍の原石鉍物を磨り潰した赤色顔料、同じく自然堆積の赤土土壌を精製して作製した赤色顔料、さらには年代観が明らかな出土赤色顔料の小塊片、木造建造物の塗装を理解する上で参考となる赤色顔料が付着もしくは塗装された出土軒平瓦や出土部材などのうち、「赤土ベンガラ」との関連性が想定される合計6試料を取り上げ、各種の観察と分析を行なった。

調査の結果、確かに赤色顔料としての鮮やかさでは朱顔料には及ばないものの、古代木造建造物である平安宮内の朝堂院関連建造物のみならず、江戸時代の徳川霊廟建造物のベンガラ塗装の原材料にも、天然鉍物系の「赤土ベンガラ」が外観塗装材料として調達され使用された可能性が指摘された。その一方で、赤い色相が強い自然堆積の赤土土壌を原材料としながらも、これを回収して丹念な人的作業である加熱～水簸工程を介在させることにより、純度が高い酸化第二鉄のベンガラ顔料の集合体物質を精製することが、「久米赤土」の復元実験などからも可能であることがわかった。このような赤土ベンガラの生産は、奈良時代以降には国家事業とも位置づけら

れる鉍山開発の活発化に伴い、良質な原材料である天然赤鉄鉍のシステムチックな調達が中央政庁において可能となったと考えられる。その上で、極めて良質で均質な「赤土ベンガラ」を精製する高度な技術も存在したことが、出土資料から推察された。いずれにしても、文献史料が「赤土」と称する天然鉍物系の「赤土ベンガラ」を木造建造物の塗装材料として用いる事例は、実際は稀少であり、主要建造物の使用に限定されていた可能性が想定された。

今後の課題は、歴史的な木造建造物のベンガラ塗装に関する調査事例の充実を図り、それぞれの建造物の性格と塗装材料の性状もしくは品質との関連性を明らかにすることである。さらに、本稿では可能性を指摘するに留まった天然鉍物系の「赤土ベンガラ」の調達に関連した原石鉍物の産地推定に関する基礎的調査、さらには天然鉍物系と堆積土壌系の「赤土ベンガラ」の明確な識別分類に関する基礎的調査なども進めていきたい。

謝 辞

本調査を進めるにあたり、美濃金生山産出の天然赤鉄鉍の原石鉍物試料（試料1）は奈良文化財研究所 埋蔵文化財センターの肥塚隆保センター長、津軽赤根沢産出の天然赤鉄鉍の原石鉍物試料（試料2）は今別町教育委員会、久米赤土に関連する首里城復元塗装試料（試料3）は建設省沖縄事務所および（株）国健の福島清氏に提供を受けるなどの労を取っていただいた。また、出土資料である赤色顔料のうち平安宮関連遺跡出土資料（試料4）および（試料5）の収集および考古学的考察については（財）京都市埋蔵文化財研究所の長宗繁一・平方幸雄・吉崎伸・竜子正彦・小森俊寛・原山充志・柏田有香氏をはじめとする多くの方々に、芝増上寺台徳院霊廟関連出土資料（試料6）については、東京都港区立港郷土資料館の高山優・毎田佳奈子氏のお世話になった。また、奈良文化財研究所 文化遺産部 建造物研究室の窪寺茂室長からは赤根沢産出の赤土をはじめとするベンガラ塗装に関する貴重な御教示を多く受けた。さらに、X線回折分析は（株）リガク、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った。そして、一部のX線回折分析は（株）コベルコ、電子顕微鏡写真撮影は

(株) 日立ハイテクノロジーズ分析センター、粒度分布 お世話になりました多くの方々には併せて心から謝意を
分析は (株) 堀場製作所分析センターにおいて行った。 表する。

引用文献

- 沖縄開発庁沖縄総合事務局 国営沖縄記念公園事務所編 1994『国営沖縄記念公園 首里城地区建設の記録 [平成の復元]』 pp.88-97 沖縄開発庁沖縄総合事務局
- 沖縄県教育委員会編 1975『沖縄県史第6巻 文化2』 pp.574-577 国書刊行会
- 小野蘭山著, 木村陽二郎解説 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』 pp.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』 pp.26-34 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 I 一北廃寺の調査一』 pp.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』 pp.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』 pp.53-69 くらしき作陽大学
- 北野信彦 2006a「平安宮内建造物群のベンガラ塗装に関する一知見」『研究紀要 vol.10』 pp.49-72 京都市埋蔵文化財研究所
- 北野信彦 2006b「古代木造建造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』 pp.35-52 日本文化財科学会
- 北野信彦 2007「古代木造建造物におけるベンガラ塗装の研究 (II) -パイプ状ベンガラの生産と使用に関する基礎的調査-」『考古学と自然科学 vol.56』 pp.41-64 日本文化財科学会
- 北野信彦 2008「伝統的民家建造物の保存修復材料として外観塗装に使用するベンガラ顔料の製法と性状」『総合郷土研究所 紀要 vol.49』 pp.143-162 愛知大学
- 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』
- 京都市埋蔵文化財研究所 2007『平安京右京六条四坊二町跡・西京極遺跡』
- 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 vol.45』 pp.177-186 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
- 看倉弥八編纂 1967『今別町史』 今別町
- 高山 優・毎田佳奈子 2007『芝増上寺跡遺跡発掘調査報告書』 東京都港区教育委員会
- 地団研地学事典編集委員会 1970『地学事典』 平凡社
- 東京帝国大学文学部史料編纂掛 1922『大日本古文書 卷之十五, 卷之十六』 東京帝国大学
- 八賀 晋 1999「古代の鉄生産について-美濃金生山の鉄をめぐって-」『学叢第21号』 京都国立博物館
- 福島 清 2003「首里城の建築彩色」『建造物彩色の保存と修復 日本および東アジアの社寺を中心に』 元興寺文化財研究所編 pp.28-31 クバプロ
- 福山敏男 1943「奈良時代に於ける石山寺」『日本建築史の研究』 pp.309-414 桑名文星堂

西山 巖 1977 「べんがら」『改訂増補 最新顔料便覧』 pp.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

吉本文平 1959 「酸化鉄 (Fe_2O_3 , FeO)」『鉱物工学』 pp.196-216 技報堂

吉野 裕 訳 1969 『風土記 東洋文庫 145』 平凡社

Hideo MINATO, Akira TOKUYAMA and Nobuyuki SASAKI 1987 「Concentration mechanisms of iron oxides and alumina in deep weathering crusts (Goshikidai, Kagawa western JAPAN)」『Chemical Geology vol.60』 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Printed in The Netherlands

(2008年4月17日受付, 2009年2月21日受理)

The Study on Bengala Coating Pigments Used to Historical Wooden Buildings (I)

Nobuhiko KITANO

13-43 Ueno Park, Taito-ku, Tokyo, 110-8713, Japan
National Research Institute for Cultural Properties,

(abstract)

“Akatsuchi” is a iron oxide red: α -Fe₂O₃, a kind of the bengala pigment.

This bengala pigment was used to historical wooden buildings put on record old manuscripts.

In this paper, some analytical studies on this red pigment “Akatsuchi bengala” as covering the outside wooden parts of the historical wooden buildings, carried out using several excavated materials and test samples.

The results are as follows.

- (1) Old manuscripts were recorded “Akatsuchi” was a bengala pigment, and it is two group, one is small particle powder of mineral Hematite, the other is weathering red clay powder.
- (2) Typical Akatsuchi bengala as Mineral hematite are Kinsyo-zan mine at Gifu prefecture and Akanezawa mine at Aomori prefecture. These were not only used to ancient wooden buildings but also used to temple buildings for the Tokugawa Shogun family in the Edo period.
- (3) Typical Akatsuchi bengala as weathering red clay are Kume-Akatsuchi at Okinawa prefecture. It used to Ryukyu Syurijo castle (main wooden building : Seiden). It has high concentration ferric hydroxide and the making way of red pigment are organized with heating process and refining process in water.
- (4) Small particle powder of Akatsuchi bengala pigments are the collection of shaped thin powder as mica, scale $0.2\sim 0.4\ \mu\text{m} \times 0.05\ \mu\text{m}$. This grain form is different from Roha bengala, Tetsu-tan bengala,, Pape-shaped bengala and modern times bengala particle powder grains.
- (5) It is found that Sample No.5 as the bengala coating pigments used to the wooden buildings in Heian capital, Chodo-in area site were mineral hematite powder.
- (6) And excavated the bengala pigments Sample No.4 were very small grains and pure hematite powder. So it was the material evidence to know the high quality production technique as making way of red pigment at the ancient time from Nara to Heian period.