

機関番号：82620

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19500872

研究課題名（和文）建築文化財における外観塗装材料の変遷と新塗料開発に関する研究

研究課題名（英文）Study on the Traditional and Historical coating pigments and development on new coating materials on wooden Architectures in Japan.

研究代表者

北野 信彦 (KITANO Nobuhiko)

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存修復科学センター・伝統技術研究室・室長

研究者番号：90167370

研究成果の概要（和文）：

建築文化財の外観塗装材料や色調は、建造物自体のイメージを大きく左右する。そのため、この基礎調査は塗装修理を行う際にも大切である。本研究では、(1)個々の建造物の外観塗装材料の性質や色相、変遷に関する調査を行った。その結果、多用されたベンガラ塗装や漆塗装では時と場所に応じた塗装材料の使い分けが行われていたことが明確になった。そして、伝統的材料や技法を生かした新塗料開発の可能性も手板作成などを通してわかってきた。

研究成果の概要（英文）：

The detailed studies on the coating materials used in the inside wall of wooden architectures have been carried out actively. However, those in the outside appearance of ancient wooden architectures have not been made enough. The reason seems to be as follows: Wooden architectures are always beaten by air. The refitments of wooden architectures have been carried out every several ten years. At the moments, the painted materials in outside parts have been renewed to project the damage due to the attack of wind, rain, dust and ultraviolet(UV). The exact records about the refiring work in ancient temples and shrines did not remain. It is difficult to certify the present author and his group has made the survey and investigation of coating materials in outside appearances as well as those in inside parts of ancient wooden architectures.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：文化財科学

科研費の分科・細目：文化財科学

キーワード：建築史・意匠、外観塗装材料、漆塗装、赤色顔料、ベンガラ塗装、乾性油、桐油塗装（とうゆ塗り）、明礬、

1. 研究開始当初の背景

①多くの建築文化財の保存・修復作業では、建造物の印象を左右するはずの外観塗装材料の選定および塗装方針は、外観塗装材料の履歴はあまり考慮に入れず行われている。この点を踏まえて、先行研究では、安芸宮島の厳島神社における塩害を想定した鉛丹塗装の退色現象の把握と新塗料に関する保存科学的研究はあるものの、基本的には低調であった。

②指定物件である建築文化財の解体修理や補修作業の附帯工事で行われる外観塗装の実務では、(a)最小限度の補彩は行なうが現状維持を基本とする場合。(b)実際の塗装作業では、過去の塗装材料を掻き落とした上に現代技法による一般的な顔料を塗装するが、基本的な塗装顔料の選定には事前調査で行なった塗装材料の履歴に関する基礎調査を考慮に入れる場合。など、若干の見るべき成果はあったが、「外観塗装材料の歴史的変遷や創建当時の色調、伝統的な材質・技法などをふまえて、実務に応用しうる新塗料開発のための実践的研究」はほとんどみられなかった。

2. 研究の目的

部材の表面保護や装飾のために施されていた建築文化財の外観塗装材料は、常に紫外線や雨風の劣化に晒されるため、修復作業時に従来の塗装材料をあらかじめ除去してから新たに塗り替え作業をする場合が多く、その記録もほとんど現存しない。そのため、現存の建築文化財では創建当初の状況や、その後の修復の履歴を確認することは極めて困難である。ところが、それぞれの建造物に使用された外観塗装材料の色調は、それぞれの建造物自体のイメージを大きく左右するため大切である。しかし、「外観塗装材料の歴史的な変遷や創建当初の色調、さらには当時の顔料や漆塗料などの塗装材料を復元製作するとともに、耐候性があり、かつ安定した塗料である新素材と復元材料とを併せて、実務に応用しうる新材料としての新塗料開発のための実践的研究」はほとんどみられない。本研究では、『(1)個々の建造物の外観塗装材料の性質や色相、変遷に関する調査をまず行う。(2)次に主に創建当初の色相や製法、混和材料などのブレンド比や方法を考慮に入れた各種顔料や漆塗料などの塗装材料を復元製作する。(3)このようにして復元製作した各種手板に関する各種劣化促進実験を行ない、基本的な性状を認識する』以上の工程を踏んだ実践的な研究を主目的とした。

3. 研究の方法

①幾つかの代表的な建築文化財の部材に外観塗装されている材料の分析調査を行い、年代別に大きく材質が変化したと考えられる外

観塗装材料の基礎的な歴史的変遷史の構築を行なった。

②各年代別に多用されたであろう塗装材料の色相と製法を考慮に入れて復元製作した各種のベンガラ顔料・朱顔料・漆塗料・さらには今日多くの建造物で塗装されているが、変・退色劣化が著しい鉛丹顔料の手板試料を標準実験試料として作成し、これらの劣化促進実験を行なった。

③この劣化促進実験の成果を、主に屋外の紫外線劣化や風雨に強く安定した新塗料を開発するための基礎資料とする。

④文献史料に記載されている木造建造物の外観塗装材料の製法や使用に関する文献史的な調査を行った。

⑤建造物自体はすでに消滅しているが、往年の建造物外観の色相や状態に関する情報を有する遺跡出土の瓦当や、建造物部材に塗布された建物外観塗装材料の性状と使用に関する分析化学的な調査を行った。

⑥以上の成果をふまえた木造文化財における外観塗装材料の製法と基本的な性状に関する復元実験および、劣化促進実験を含む材料科学的な調査を行った。

4. 研究成果

赤色顔料は人類が最も早くから使用した色材の一つである。この赤色顔料を建造物外観塗装に施すことは古くは古代の寺院伽藍群や中央や地方の宮殿・役所建造物群から、今日に至る寺社建造物や民家の外観塗装に至るまで行われ、その汎用性は高い材料である。この赤色顔料は大きく分けると酸化鉄を主成分としたベンガラ、水銀を主成分とした朱、酸化鉛を主成分とした鉛丹の三種類に分けられる。なお、もっとも古くから多用された赤色顔料はベンガラである。以下、それぞれの概要を記す。

1、各種ベンガラ(主要元素は鉄(Fe)である酸化鉄系の赤色顔料:酸化第二鉄)

(1) 赤土ベンガラ

文献史料は天然赤鉄鉱を「赤石もしくは代赭石」、粉碎して磨り潰した顔料を「代赭」もしくは「赤土」と記し、「美濃赤坂(金生山)の代赦」や「津軽藩赤土山(赤根沢)の赤土」などがある。個々の顔料は薄鱗状(薄板雲母状)であり、平安京朝堂院出土瓦や芝増上寺台徳院霊廟部材で使用を確認している。その一方で、単に赤味が強い粘土系の風化生成土壌や赤鉄鉱の鉱石が風化して脆弱粉碎化された細粉集積土壌も同じ「赤土」と文献史料は称し、首里城正殿などで使用された「久米赤土」「久志赤土」などがある。

(2) 丹土ベンガラ

鉄分を多く含む黄土もしくは水酸化鉄や褐鉄鉱性の風化土壌を原材料とし、加熱～粉碎

～水簸して作成する。民俗例では若狭ベンガラなどがある。基本が土壌であるため夾雑物が多く、個々の顔料は極めて不定形。赤い色相は劣るが、量産が可能である。木造建造物の塗装修理報告で「丹」もしくは「丹塗り」などと記載されるものの多くは鉛系の鉛丹ではなく、この「丹土」と考えられる。事実、西隆寺・元興寺・法勝寺・平等院鳳凰堂などの奈良～平安期の寺院木造建造物のみならず、興福寺・方広寺・三十三間堂などの中・近世のベンガラ塗装でも多用を確認している。

(3) 赤泥ベンガラ

『豊後風土記』は「赤湯泉(あかゆ)」の泥を建造物の柱に塗装したと記す。別府鉄輪温泉の血の池地獄温泉沈殿物が原材料と想定される。この赤い色相の由来は、強酸性の硫酸塩温泉水中で析出沈殿した酸化第二鉄の大型結晶粒子である。これに白い硫酸基を含む鉄化合物を加熱～水簸して赤色顔料とする。

(4) パイプ状ベンガラ

外径 $1\mu\text{m}$ 程度の中空円筒状で定型化した形態を有するパイプ状ベンガラは、赤い色相が良好であるため縄文～古墳時代に至る長期間に亘って各地で広範に用いられた。純度が高い鉄成分が豊富な *Leptothrix Ochraceae* 種などの鉄バクテリアの黄褐色浮遊沈殿物が原材料であるため、量産化には不向きであるが、古代以降の木造建造物では尼寺廃寺跡・北白川廃寺跡・元興寺五重小塔・平安宮内建造物などで使用を確認している。そのため、当時は天然赤鉄鉱を挿り潰して作成する「赤土」に続く良質なベンガラであり、一般的な「丹土」より上位に位置するベンガラであると考えられる。

(5) 鉄丹ベンガラ

文献史料は「鉄丹もしくは鉄屑の弁柄」と記す。鉄サビに酸化促進剤を添加し、加熱して作成する。ローハベンガラに比較して赤い色相はやや劣るが、中世以降のベンガラ塗装には多用された。ベンガラ格子に代表される近世以降の民家建築では需要が多かったと推測される。個々の顔料は $0.1\mu\text{m}$ 以下の球状微粒子でやや角張る。出雲青木遺跡や東京大学構内遺跡、大坂市中町屋跡などで原材料や生産用具の出土を確認している。

(6) ローハベンガラ

文献史料は「礬紅もしくは弁柄」と記す。硫化鉄鉱の風化生成物である緑礬(ローハ)を原材料とし、これを加熱～水簸して作成する。水簸は丹念に行なう。赤い色相は良好で、漆器や磁器の絵付けなどでも多用。個々の顔料は $0.1\mu\text{m}$ 程度の球状微粒子である。出土資料では、出雲大社境内出土御柱などで確認している。

(7) 現代の工業製品としてのベンガラ

現代のベンガラ生産は、鉄骨建材や船舶の船底サビ止め塗料、道路や壁のコンクリート

着色剤、さらには研磨剤に至るまで、幅広い利用に応えるため工業生産が行なわれている。この製法は、鉄丹ベンガラやローハベンガラが乾式法である点とは大きく異なる湿式法である。そのため、溶液内で沈殿する個々の顔料は $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度のやや成長度が良い扁平型の結晶粒子の形態を呈する特徴を有している。

2、その他の赤色顔料

A: 朱(主要元素は水銀(Hg))である水銀系の赤色顔料: 赤色硫化水銀

水銀と硫黄が化合してできた赤色顔料が赤色硫化水銀(HgS)、通称名は朱である。建造物外観塗装の赤色を一般に朱色と表現する場合があるが、荘厳のための彩色材料としては多用されるものの、実際の建造物の塗装材料としては希少。朱には天然鉱物の辰砂を挿り潰した天然朱(名称は辰砂)と、水銀と硫黄を混合～加熱～冷却～粉碎～水簸させて作る人造朱の二種類に大別される。

(1) 天然辰砂

名称の語源は、中国の辰州で良質な原材料である天然鉱物が獲得されるために抛るとされ、日本では三重県の丹生鉱山などが著名である。建造物の塗装材料や彩色材料として、文献史料には、「朱砂」と記載されることが多い。建造物の塗装材料としての使用は、天元五年(982)『池亭記』に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」、『台記』には藤原道長が建立した法成寺の御堂を「瑠璃の瓦に朱砂塗の扉」という表現がされている。『伴大納言絵詞』に描かれた羅生門の柱や扉の赤い塗装表現の部分からは、朱顔料が検出されたが、実際の建造物の塗装材料として朱顔料の使用が確認された事例は、海龍王寺五重小塔における奈良時代の創建期塗装部分、平等院鳳凰堂中堂の西面扉材、海住山寺五重塔の内陣四天柱など稀少である。

(2) 人造朱

日本で本格的に人造朱の製造が開始された時期は明確ではない。絵画史の分野では、中世期にはそれまでとは赤い色相が異なり鮮紅色を呈する通称名「鎌倉朱」が登場するため、この時期を想定する研究者もいる。江戸期には朱は幕府の統制物資として堺奉行所が統括しており、泉州堺の「朱座」のみに製造が許可されていた。そのため一般には高価で入手困難とされており、私造朱の出回りとその規制に関する記録が主に輪島などの漆器生産の文献史料にみられる。中国からの輸入品を光明朱、国産品を本朱と呼称する場合が多いが、福建省～琉球～薩摩を通じて輸入された別ルートの輸入品である琉球朱は特に良質で高価とされた(参考:坂本龍馬の“いろは丸”から引き上げ品あり)。なお人造朱の赤い色相は多岐に及ぶが、これは粉碎～水簸作業による

粒度の違いによる。

B:鉛丹(主要元素は鉛(Pb)である鉛系の赤色顔料:四酸化三鉛)

一般には丹と呼ばれる人造の赤色顔料であり、天然鉱物としては存在しない。古くは正倉院御物などにもみられるが、実際の建造物の塗装材料として登場するのは16世紀末(天正期)の塗装事例まで下る。これは戦国期～織豊期に鉱山開発により鉛産出量が激増したことと関連する。多くの代表的な建造物の外観塗装材料は、ややシックな赤褐色を呈するベンガラ塗装から近代以降には黄味の強い鮮やかな橙色を呈する鉛丹塗装へと移行する事例が多い。万葉集における奈良の都の枕詞の“あおによし”の「に」、中世期の巖島神社における建造物塗装集団の「丹塗衆」などが取り扱った「丹」とは鉛丹ではなく前記した「丹土ベンガラ」であると推察する。なお日光東照宮上神庫や浅草寺二天門では柱までは赤土ベンガラ塗装、巻斗などの上部部材では鉛丹塗装と塗り分ける事例もある。

3、新塗料開発に向けての伝統塗装材料・技法

赤色塗装顔料の分析結果からは、使用顔料は同じ天然赤鉄鉱である赤土ベンガラであっても、固着材料は漆塗料、乾性油、澱粉糊、膠などさまざまな材質であることがわかった。また銀閣寺の外観塗装材料として漆の上に塗装された白色顔料からは白土と明礬が検出されたため、各種手板サンプルを作成して劣化促進実験を行った結果、前者の場合、特に漆に麦粉などの澱粉質を混和して接着力と肉持ちを良くしたベンガラ顔料を塗りつける、いわゆるパテ塗り方式を行った手板試料では、漆塗装に比較して赤い色相の変化はほとんど見られず良好な成果を得られた。一方、膠に明礬を混和したドーサ(礬水)を白土顔料の固着剤として使用した場合、表面が平滑な漆塗装の上でも強い接着力と防水効果を得られることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

① [雑誌論文] (計14件)

[査読有]

1. 北野信彦:「歴史的な木造建造物におけるベンガラ塗装の研究(Ⅱ)-いわゆる「丹土」に関する基礎的調査-」『考古学と自然科学』、日本文化財科学会、投稿中
2. 北野信彦・本多貴之・佐藤武則:「初期の日光社寺建造物に使用された赤色塗装材料に関する調査」、『保存科学 vol.49』、pp.25-44、東京文化財研究所、2010
3. 北野信彦:「歴史的な木造建造物におけるベンガラ塗装の研究(Ⅰ)-文献史料に登場する「赤土」に関する基礎的調査-」、『考古学と自然科学 vol.59』、pp.1-28、日本文化財科学会、

2009

4. 北野信彦・窪寺茂:「三十三間堂の外観塗装に用いられた赤色顔料に関する調査」、『保存科学 vol.48』、pp.61-74、東京文化財研究所、2009
 5. 北野信彦・小檜山一良・木下保明・竜子正彦・本多貴之・宮腰哲雄:「桃山文化期における輸入漆塗料の流通と使用(Ⅱ)」、『保存科学 vol.48』、pp.133-145、東京文化財研究所、2009
 6. 北野信彦・狭川真一・窪寺茂:「元興寺五重小塔における外観塗装材料に関する調査」、『保存科学 vol.47』、pp.53-68、東京文化財研究所、2008
 7. 北野信彦・小檜山一良・竜子正彦・高妻洋成・宮腰哲雄:「桃山文化期における輸入漆塗料の流通と使用」、『保存科学 vol.47』、pp.37-52、東京文化財研究所、2008
 8. 北野信彦:「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.41-62 日本文化財科学会、2007
- [査読無]
9. 北野信彦:「浄瑠璃寺本堂(九体阿弥陀堂)の部材塗装に関する調査」、『元興寺文化財研究所 研究報告2010』、pp.63-70、元興寺文化財研究所、2011
 10. 北野信彦:「海龍王寺五重小塔の外観塗装材料に関する調査」、『元興寺文化財研究所 2008 年度年報』pp.1-10、元興寺文化財研究所、2009
 11. 北野信彦:「元興寺建造物群における赤色顔料に関する調査」、『元興寺文化財研究所 研究報告 2007』、pp.1-12、元興寺文化財研究所、2008
 12. 北野信彦:「伝統的民家建造物の保存修復材料として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』49、pp.5-24、愛知大学、2008
 13. 北野信彦:「平安宮内建造物群のベンガラ塗装に関する一調査例」、『京都市埋蔵文化財研究所 三十周年紀年論集』、pp.49-72、京都市埋蔵文化財研究所、2007
 14. 北野信彦:「建築塗装材料である赤色顔料に関する一調査例 -宇治白山神社境内廃棄の紀年銘墨書部材に塗装された赤色顔料-」、『元興寺文化財研究所 四十周年紀年論集』pp.43-58、元興寺文化財研究所・元興寺文化財研究所民俗保存会、クバプロ、2007

[学会発表] (計6件)

1. 北野信彦・竜子正彦・川口洋平・川村紀子・本多貴之・宮腰哲雄(2010.6/15)「桃山文化期における輸入漆の調達と使用に関する調査」日本文化財科学会第27回大会、関西大学

2. 北野信彦・本多貴之(2010. 3/27)「日本の歴史的建造物における塗装材料に関する調査」日韓文化財科学国際シンポジウム、韓国国立現代美術館
3. 北野信彦・本多貴之・宮腰哲雄・窪寺茂(2009. 6/14)「建築文化財における塗装技術の調査とその評価・応用に関する研究」文化財保存修復学会大 31 回大会、倉敷市文芸館
4. 北野信彦(2008. 6/15)「日本における各種ベンガラ顔料の生産と使用 ―最近の調査事例より―」日本文化財科学会 第 25 回大会、鹿児島国際大学
5. 北野信彦・窪寺茂(2008. 5/18)「明治期修理における建築塗装の一方法」文化財保存修復学会大 30 回大会、太宰府市中央公民館
6. 北野信彦・狭川真一・窪寺茂(2007. 6/2)「元興寺における創建期の外観塗装材料に関する調査 (I)」日本文化財科学会第 24 回大会、奈良大学教育大学

[図書] (計 1 件)

1. 北野信彦(2011)『歴史的な木造建造物のベンガラ塗装に関する基礎的調査 ―基礎編―』、れいめい、170 p.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北野 信彦 (KITANO NOBUHIKO)

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存修復科学センター・伝統技術研究室・室長)

研究者番号：90167370