

氏名(本籍)	李 最 雄 (中国)
学位の種類	学 術 博 士
学位記番号	論 博 美 第 2 号
学位授与年月日	平成3年3月13日
学位論文等題目	〈論文〉「莫高窟壁画の赤色顔料の変色に関する研究」
論文等審査委員	
(主 査)	東京芸術大学 教 授 (美術学部) 杉 下 龍一郎
(副 査)	〃 〃 (〃) 新 山 栄
(〃)	〃 〃 (〃) 坂 本 一 道
(〃)	〃 助 教 授 (〃) 本 間 紀 男
(〃)	国立文化財研究所 名 誉 研 究 員 見 城 敏 子

(論文内容の要旨)

緒 論

敦煌莫高窟は、甘肅省河西回廊最西端に位置を占める敦煌県城から東南へ25キロの距離の鳴沙山東麓に建造されており三危山に面し、その石窟寺群は南北1600メートルにわたる。最古の莫高窟は西暦336年(前秦期の建元二年)に建造され、それ以来、一千余年のあいだ千余の洞窟が次々と建造された。しかし、その後悠久な年月を経て、自然の風化や人為的破壊を受けたため現存する洞窟はわずか492窟である。これらの洞窟の中には、壁画4万5000平方メートル、塑像2000体、唐朝宋朝の木造洞

窟五間並びに敦煌藏経堂内で発見された数万件の写本、文書が保存されている。従って、莫高窟は中国に於いてスケールが最大、内容が極めて豊富でかつ歴史が最も古だけでなく、世界にとっても最大の芸術博物館と呼ぶことができる。莫高窟は、その長い歴史の間に、壁画が種々の天然因子の影響を受けて、顔料の変退色、剝落、亀裂、剝離、風化、カビの侵食などのひどい損傷を受けている。

壁画には赤色顔料が多く用いられているが、その赤色が洞窟の占める位置、同一洞窟内の入口からの距離、幾何学的位置によって変色の度合いが異なっている。従

来、日光照射が原因と考えられているが、入口から比較的遠い壁面の変色が特にひどく、入口に近い壁面から離れた窟中央にある塑像が鮮やかな赤色を呈している点で変色が日光照射のみによるものでないことは明らかである。

本研究では、壁画に用いられている赤色顔料が赤鉄鉱、朱、鉛丹の3種であることを明らかにし、これら3赤色顔料の種々の湿度下に於ける光照射実験を行い、高湿度で特に鉛丹の変色が大きく、かつ黒褐色の PbO_2 に変化することを見だし、次いで鉛丹について変色が相対湿度（以下RHと略称）70%以上で顕著なることを示し、RH70%が鉛丹の光による変色の起こる下限湿度であることを明らかにした。又、現在ほとんどすべての窟内湿度はRH40%以下であるが、13の壁画断片のほとんどがシュウ酸塩を含む事実から洞窟建造当初の高湿度環境が推論され、鉛丹の光と湿度による変色が比較的初期に起こったことを明らかにした。

1. 赤鉄鉱、朱、鉛丹の三赤色顔料に及ぼす光と湿度の影響

敦煌壁画の保存に於いて、考慮されるべき最も重要な問題の一つは顔料の変色である。そこで、各王朝の敦煌莫高窟の壁画の赤色顔料について、X線回折、フーリエ変換赤外分光分析、断面及び光学顕微鏡検査、走査電子顕微鏡検査、X線微量分析を行い、得られた結果を検討し、赤色顔料が主として鉛丹、朱、赤鉄鉱であることがわかった。又、鉛丹が比較的広く用いられており、かつ最もひどく変色する顔料でもあることがわかった。

3種の異なる相対湿度下に於ける蛍光灯による照射実験に於いて、赤鉄鉱は高湿度環境下（RH90%）でも、又、特に、低湿度環境下でも最も安定な顔料であり、15,000luxの蛍光灯で96日間照射しても何らの変色も認められなかった。

朱は長期間の光照射で暗色化するが、朱の光による変色は湿度によってあまり影響されることがなく、かつ変色の程度は鉛丹よりずっと低かった。

本研究から、高湿度条件下（RH90%）で照射するとき鉛丹はX線分析で立証されるように黒褐色の PbO_2 に変化し、変色が非常に速やかであるという極めて重要な事実が見いだされた。これに反して、乾燥した環境下（RH0~48%）では鉛丹はどちらかという光に安定であることが示された。従って、湿度は鉛丹の変色の最重要因子である。

2. 鉛丹の変色に及ぼす湿度の影響に関する詳細な研究

鉛丹の変色に及ぼす湿度の影響をさらに詳細に研究するため、6種の湿度RHs30、50、60、70、80、90%において3,000luxの蛍光灯による210日間の光照射実験を行った。得られた結果はRH70%未満では鉛丹の変色はほとんど起こらないが、RH70%以上では光照射によって鉛丹の変色が非常に促進されることを示している。従って、RH70%は鉛丹の変色がおこる下限相対湿度であると定義されると結論することができる。この結論は敦煌壁画の保存のために極めて重要なことである。

3. 敦煌莫高窟壁画の顔料の赤外分光分析

敦煌莫高窟及び炳靈寺の壁画の断片13種の赤外線反射スペクトルを測定したところ、スペクトル中にシュウ酸カルシウム、シュウ酸銅及び他のシュウ酸塩が検出された。これらのシュウ酸塩は壁画の下地として用いられた炭酸カルシウムとカビが生成したシュウ酸との反応によって生じたものと考えられる。このことは壁画の膠着剤などの有機物をカビが養分として利用したことを示し、かつ洞窟が初期に於いてカビの成育に十分な高湿度であったことを示唆している。このような高湿度環境下で、鉛丹が初期に日光照射によって変色したであろうことは想像に難くない。

結 論

壁画の顔料の変色、下地の粉状化、亀裂、しわ、剝離は敦煌壁画の保存において考慮されるべき重要な問題である。これらの損傷の原因は湿度、温度、光、窟内通風など、様々であり、かつ複雑である。しかし、本研究は温度が光照射時の鉛丹（ Pb_3O_4 ）の PbO_2 への変化によって生じる変色の主要因子であり、かつRH70%がその変色の起こる下限湿度であることならびに多くの敦煌莫高窟が初期において、かかる変色が起こるのに充分高湿度であったことを明らかにした。

ここに得られた結果は敦煌莫高窟壁画の歴史の解明に役立つと共に、今後の壁画保存対策に大きな指針を与えるものと信じる。