

資料6

高松塚古墳壁画劣化原因調査検討会（第12回）

H21. 11. 30

高松塚古墳壁画の材料調査

独立行政法人国立文化財機構

奈良文化財研究所 肥塚隆保

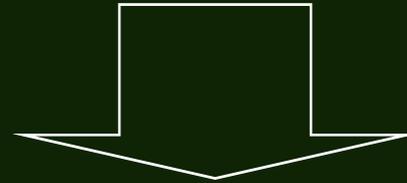
I. デジタルカメラによる壁画表面状態の調査

II. 携帯型蛍光X線分析法による壁画漆喰に関する調査

III. 目地漆喰と下地漆喰のサンプリングによる調査



壁画の図像面近接撮影による観察の結果、彩色や描線の不鮮明化について、二つの大きな要因が存在していた。



白虎画像より

色材が漆喰面からの消失



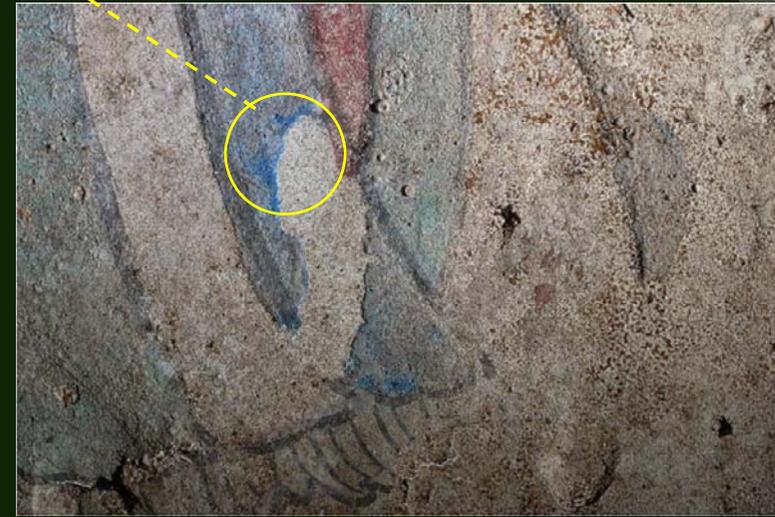
色材表面上における
乳白色物質の発生



乳白色物質が発生していない箇所では、顔料の色が鮮やかにみえる一方、剥落も多い



西壁・女子 赤衣女性像・上衣



東壁・女子 緑衣女性像・裳

人物像でも、彩色部が薄く乳白色物質に覆われている箇所では顔料の色彩がくすんで見える

天井・星宿にも乳白色物質が発生

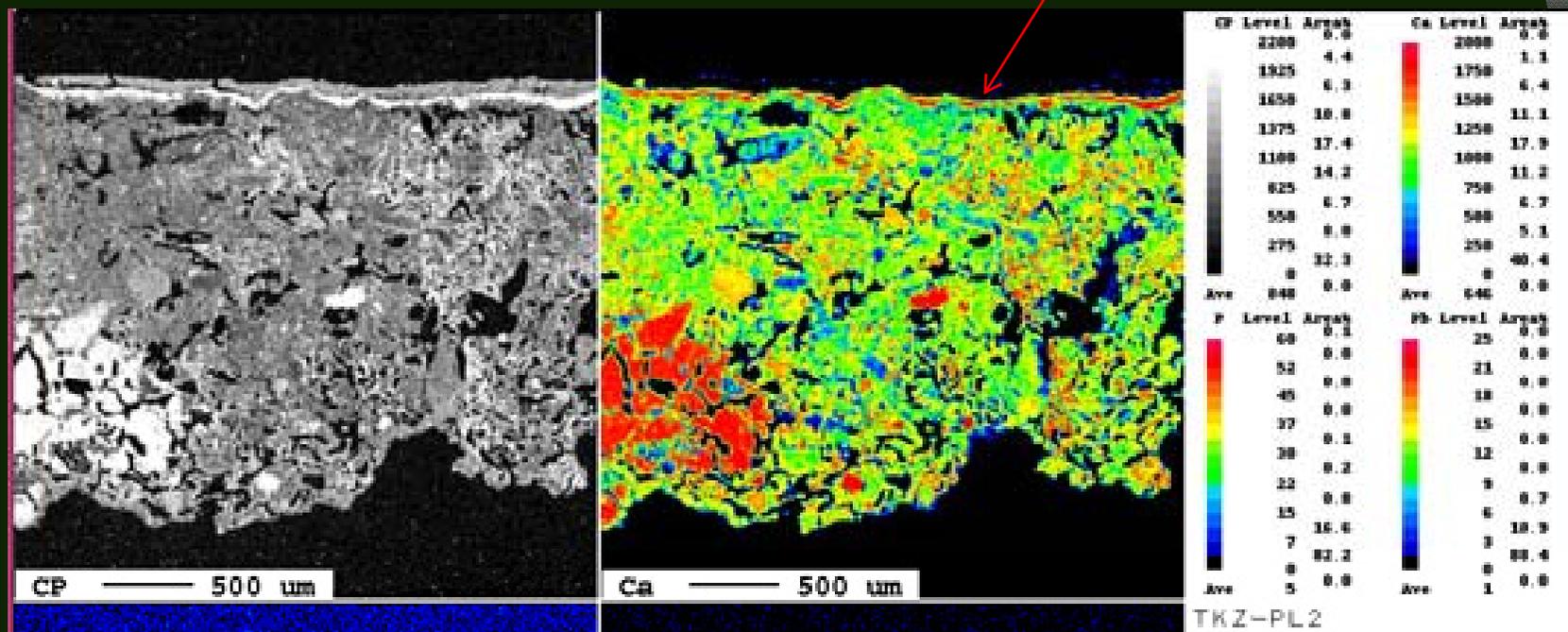


漆喰面のみならず、張り付けている金箔の上にも
漆喰が塗布された後に生成していることは明らかである。

乳白色を呈する皮殻状物質について

漆喰断面をEPMAにより分析

下地漆喰の表層には、カルシウム成分で構成される層が存在



反射電子像

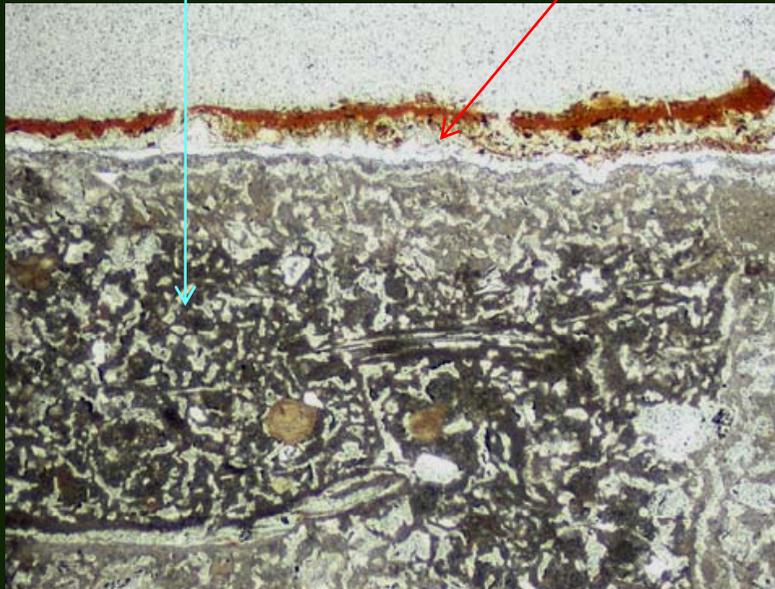
元素分布図(カルシウム)

偏光顕微鏡観察

岩石を構成する鉱物の同定とその集合状態、組織を調べる

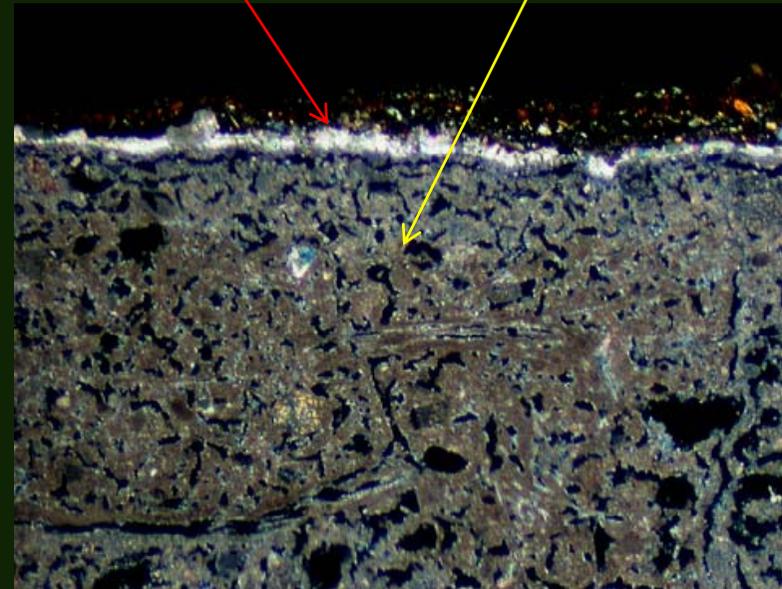
下地漆喰の表層には、Calciteの薄層が形成

多量の虫食い状の空隙



-nicol , X : 2.3mm

漆喰(基質)のCalcite



+nicol , X : 2.3mm

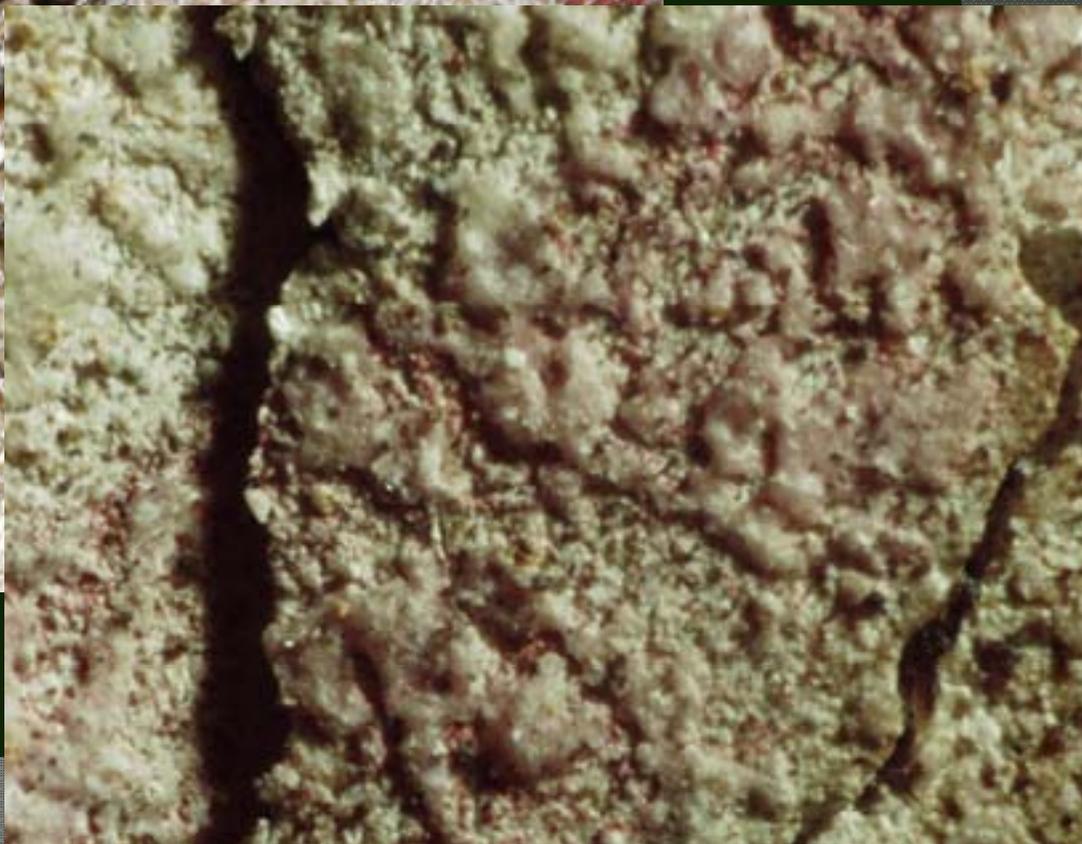
非常に大きな複屈折と劈開が顕著

Sample:TKZ-PL1-2, Cross

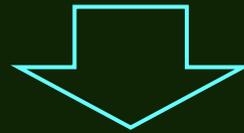
層を形成せず、粗雑な状態



カビが原因、カビの除去？



下地漆喰(目地)表層には、漆喰基質と異なる集合状態、組織を有するカルサイトが層を形成していた(検証できた)



カルサイト層が生成したのは、湿潤で水分の供給がある環境で起こった漆喰成分の再結晶化(鍾乳洞の鍾乳石と類似)



表面状態が大きく異なる

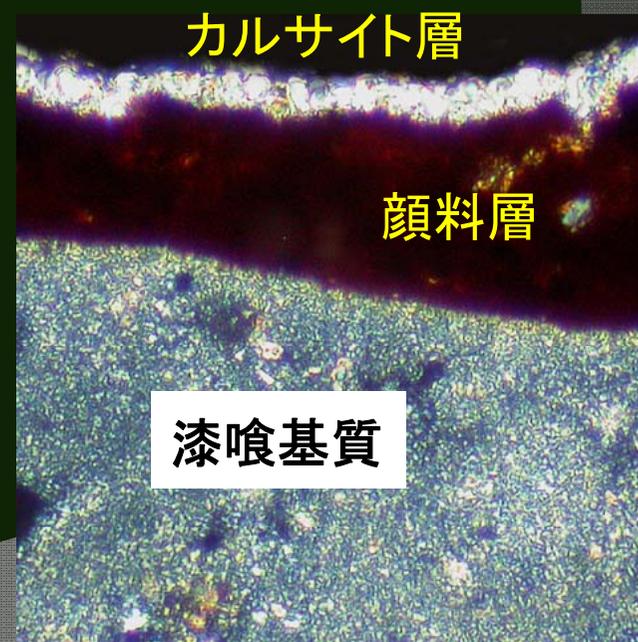
自然状態で生成

人為的な成因?

表層にカルサイトの層が形成したことによる壁画への影響

○ 表層に生じたカルサイト結晶は大きく、成長方向が一定していないため、光の散乱により下層にある顔料は、やや白っぽく見える。これが原因で顔料が退色したり劣化したと言われる。湿潤な環境下にあっては、カルサイトは透明なので、結晶の向きに関係なく透明性は良い。

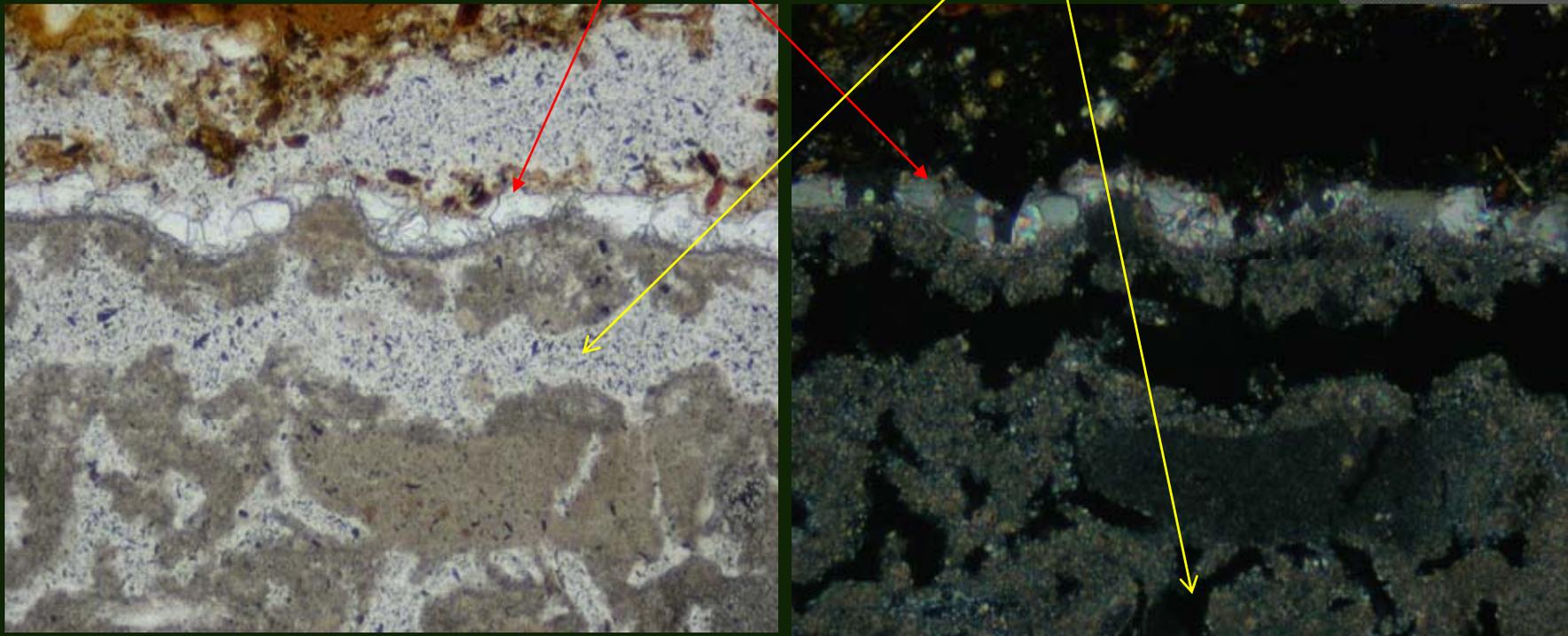
○ 表層に生じたカルサイトが生じたことにより、顔料が固定されて高松塚古墳壁画が美しい色彩を保ちながら保存された。いわば、天然のフレスコによって守られたものである。参考とした高句麗古墳壁画にも同様なことが起こっていた。壁画は白っぽく見える。



下地漆喰断面画像

カルサイトの再結晶層

スサが腐朽・消失して虫食い状の空隙ができた。剥落や陥没の原因となった。

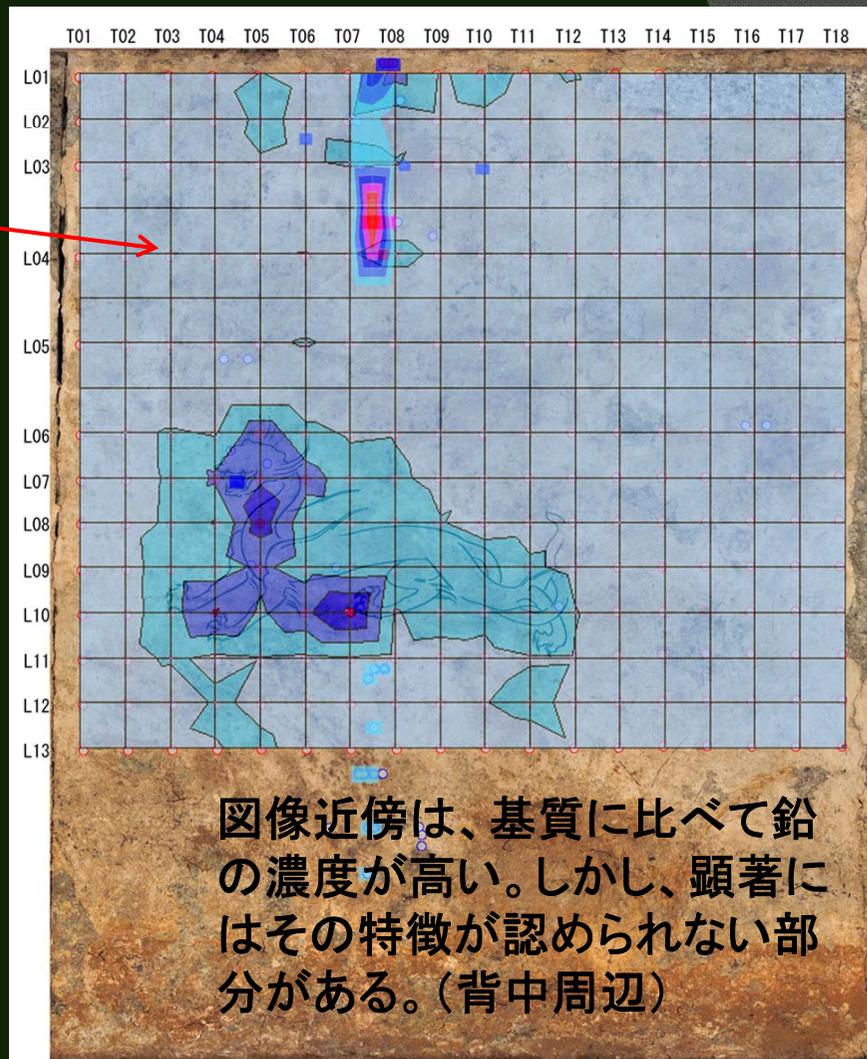
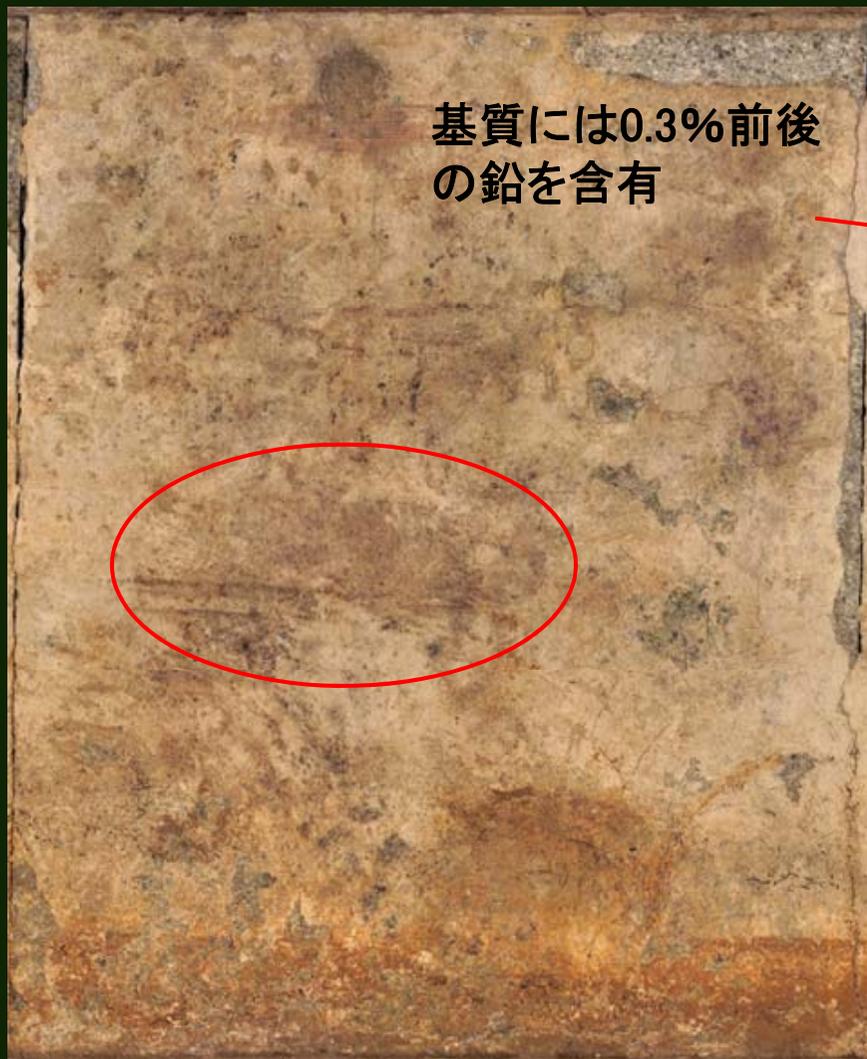


TKZ-PL1-2 Cross, 左: -nicol 右: +nicol X:0.7mm

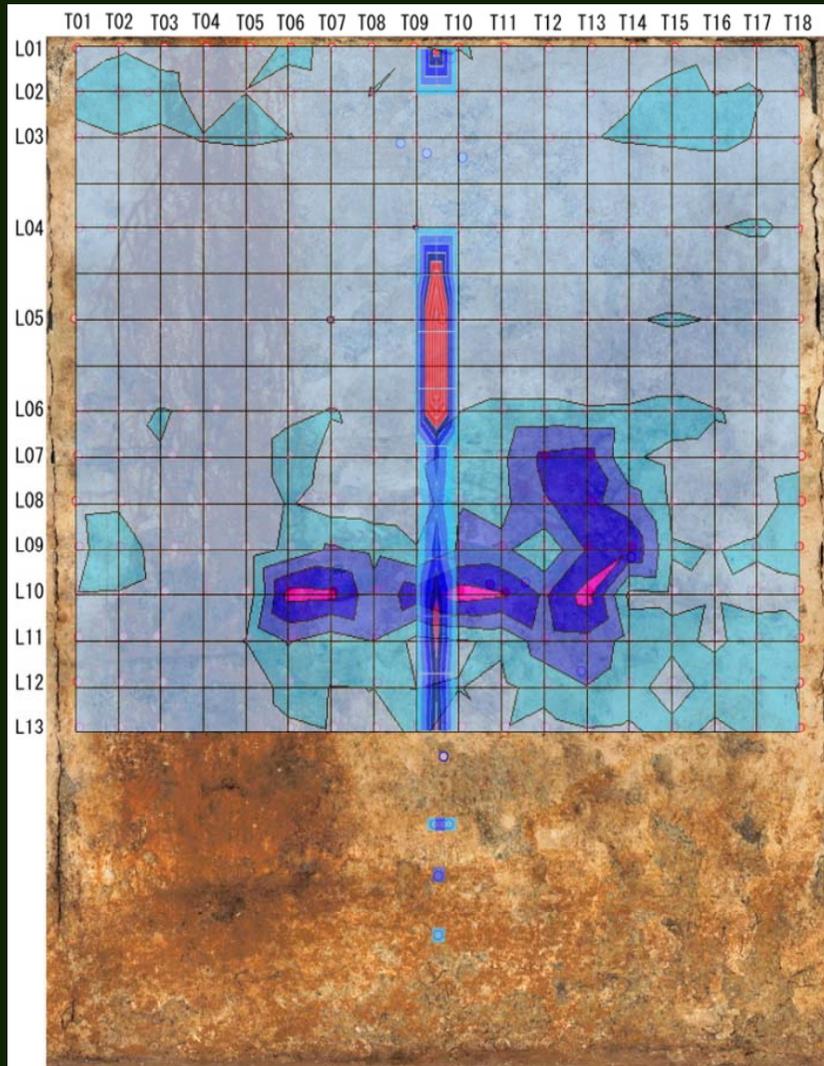
湿潤な環境下で存在したことにより、漆喰の溶解・スサの消失などにより漆喰強度が著しく低下して、劣化が進んだ。

壁画面の非破壊蛍光X線分析

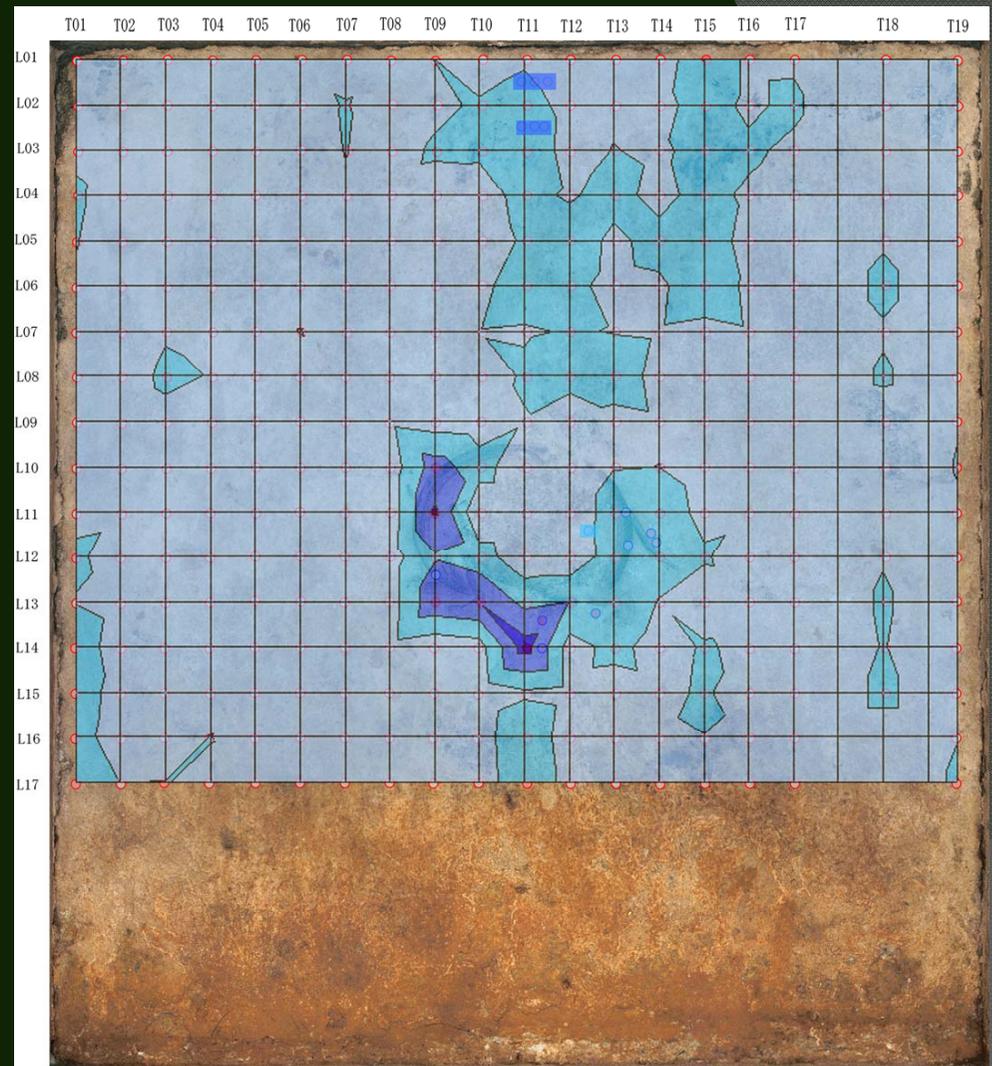
西壁石2(白虎・月像)



東壁石2(青龍・日像)

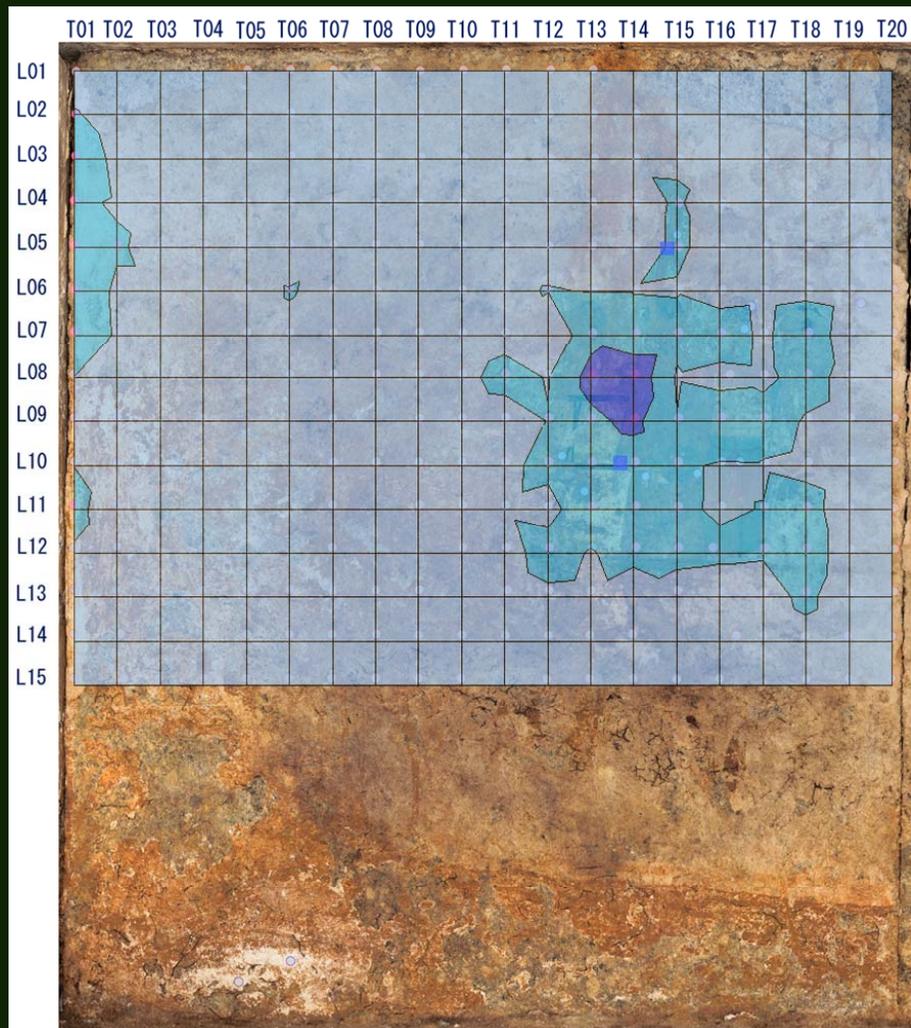


北壁石(玄武)

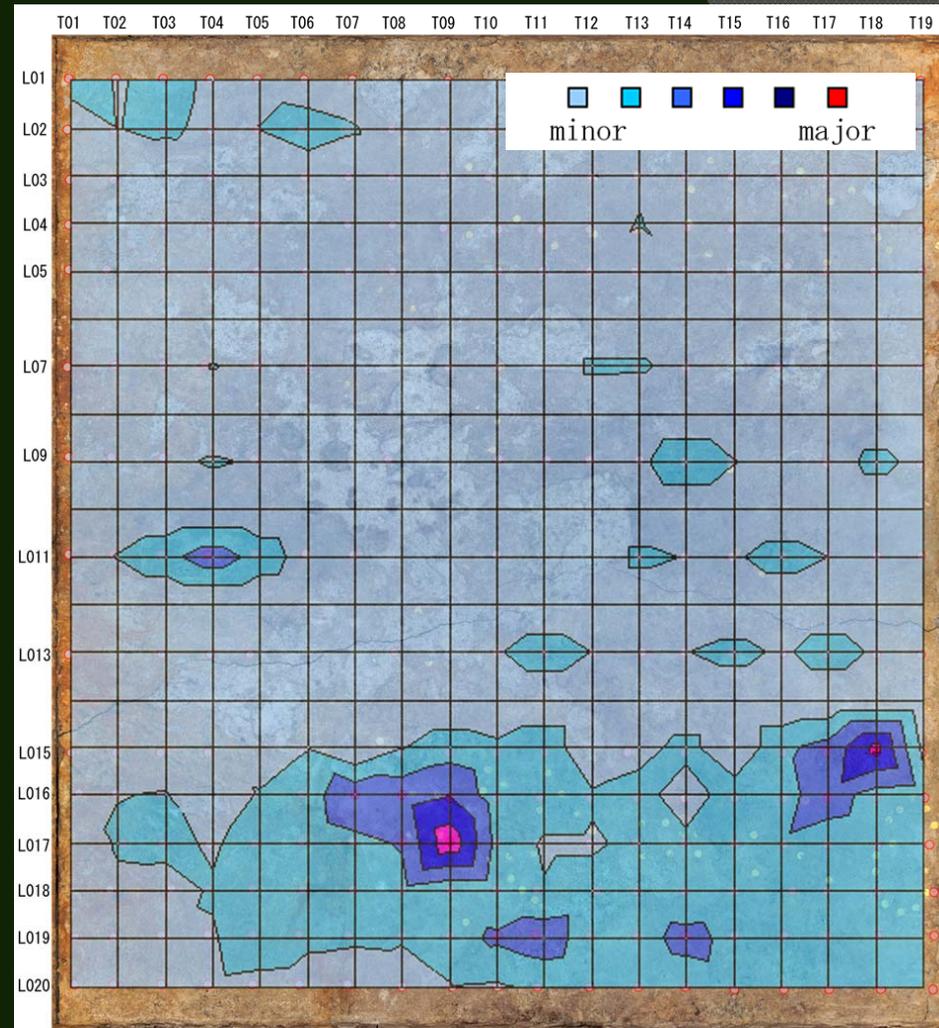


図像近傍は、基質に比べて鉛の濃度が高い。図像以外の部分でも、基質より鉛の濃度が高い部分がある。玄武の上部等に図像が存在したとは考えにくい。

西壁石1(男子群像)

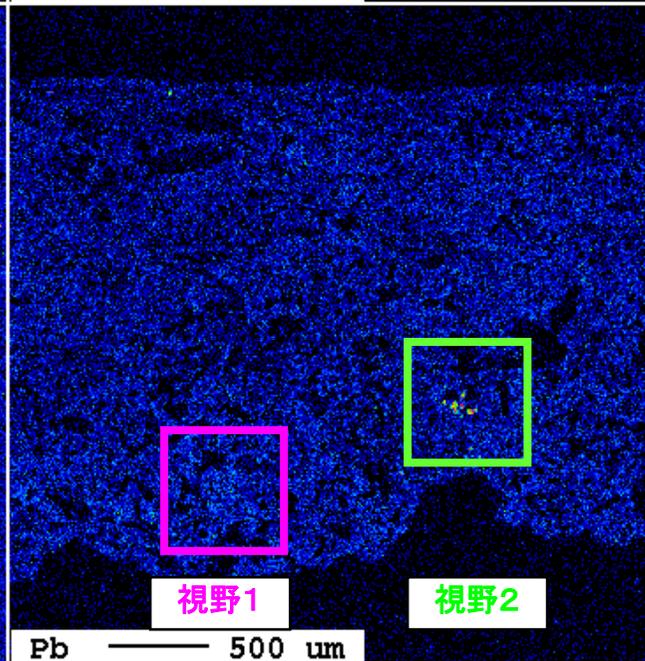
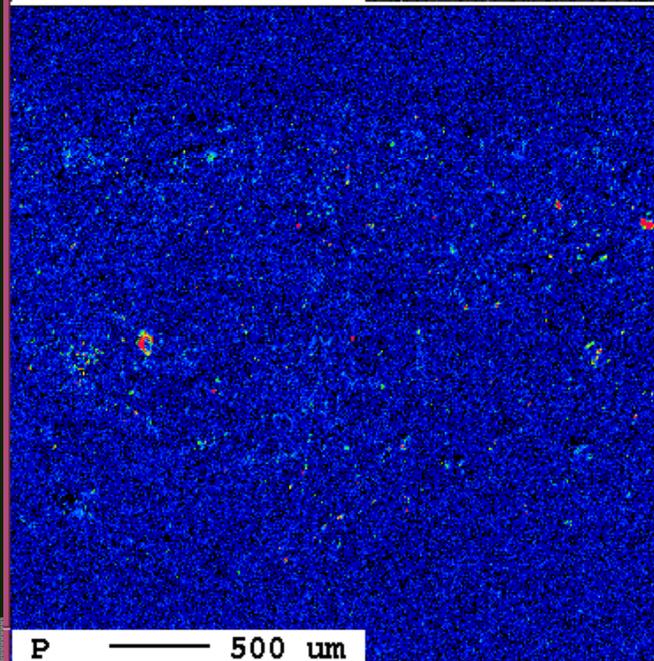
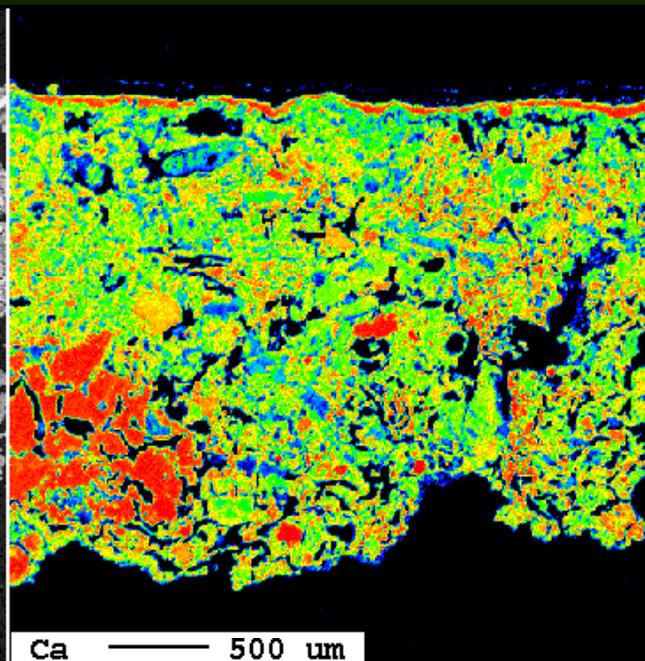
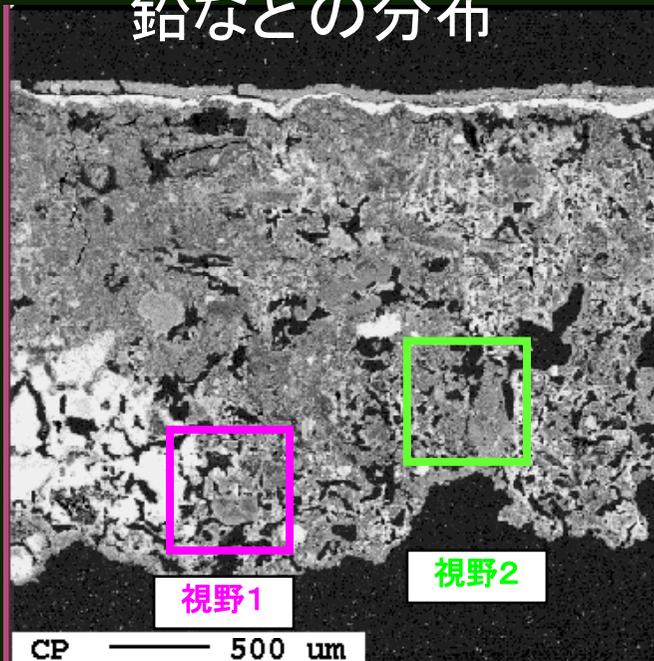


天井石2



天井石には星宿はあるが、彩色した図像はない。天井石2の下部(北側部分)に鉛の濃度が高い部分がある。

鉛などの分布



CP Level	Area%	Ca Level	Area%
2200	0.0	2000	0.0
1925	4.4	1750	1.1
1650	6.3	1500	6.4
1375	10.8	1250	11.1
1100	17.4	1000	17.9
825	14.2	750	11.2
550	6.7	500	6.7
275	8.0	250	5.1
0	32.3	0	40.4
Ave	848	0	0.0
Ave	646	Ave	646

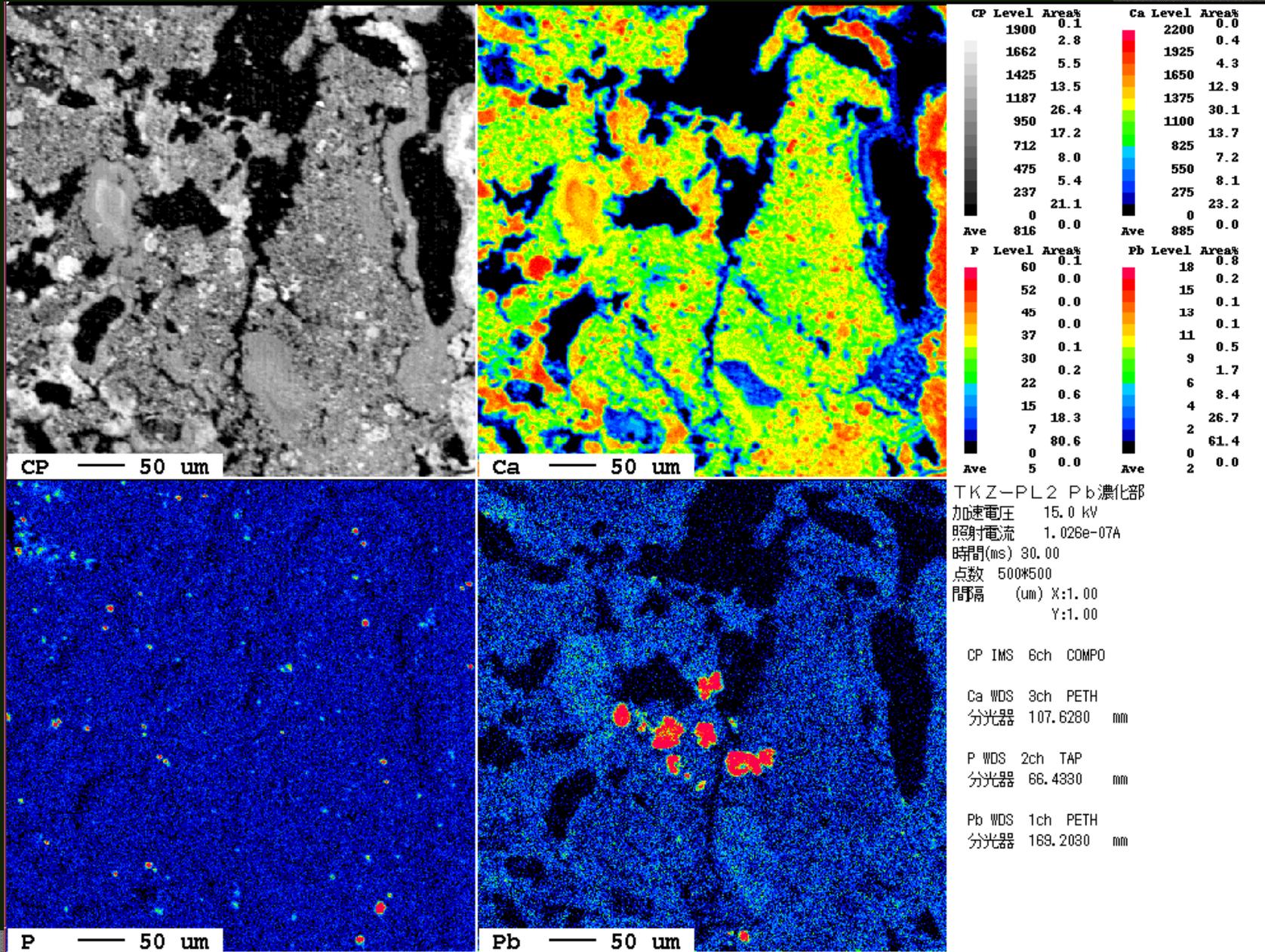
P Level	Area%	Pb Level	Area%
60	0.1	25	0.0
52	0.0	21	0.0
45	0.0	18	0.0
37	0.0	15	0.0
30	0.1	12	0.0
22	0.2	9	0.0
15	0.8	6	0.7
7	16.6	3	10.9
0	82.2	0	88.4
Ave	5	0	0.0
Ave	0.0	Ave	1

TK Z-PL2
 加速電圧 15.0 kV
 照射電流 2.002e-09A
 時間(ms) 2.00
 点数 500*500
 間隔 (μm) X:6.50
 Y:6.50
 CP IMS 6ch COMPO

TK Z-PL2
 加速電圧 15.0 kV
 照射電流 1.018e-07A
 時間(ms) 30.00
 点数 500*500
 間隔 (μm) X:6.50
 Y:6.50
 Ca WDS 3ch PETH
 分光器 107.6280 mm

TK Z-PL2
 加速電圧 15.0 kV
 照射電流 1.018e-07A

視野2の拡大



鉛は下地漆喰の基質(生地)にほぼ均一に分散して存在していた。部分的に10-30 μm 前後の塊状ないし粒状を成して存在していた。目地漆喰には、鉛は含有していない

表層の鉛と生物劣化(カビ)についての関わりは不明。

参考として、高句麗雙楹塚壁画については、漆喰基質部から鉛が検出しているわけではなく、絵画部の表面のみから鉛白が検出されている点が高松塚古墳壁画とは異なっている(土壁に漆喰が塗布され、現存漆喰層の厚さはほぼ7mm)。

