

絵画における新しい下地塗料の研究

— 白亜地キャンバスの走査型電子顕微鏡による観察Ⅲ —

A research on new ground layer of painting

—Observation using a scanning electron microscope of Chalk ground canvasesⅢ—

白河宗利・岩崎友敬・田中元偉・猪狩雅則

SHIRAKAWA Noriyori, IWASAKI Tomonori, TANAKA Motoi, IGARI Masanori

キーワード：白亜地 (chalk ground)、下地塗料 (ground layer)

SEM (Scanning Electron Microscope) 写真／走査型電子顕微鏡写真
(SEM Photography)、膠 (glue)

ポリビニルアルコール／PVA (polyvinyl alcohol)

【研究の目的】

本稿は、平成18年度から平成20年度まで取得した本学の研究補助金、産学連携調査研究費「絵画における新しい下地塗料の研究及び開発から商品化まで」の研究段階における報告である。

本研究では、株式会社クサカベ（絵具メーカー）の研究者との共同研究で、堅牢で利便性のある絵画下地塗料の開発を目的としている。

【研究の経緯】

研究着手にあたり本研究グループでは、基本となる絵画下地を、自製した白亜地塗料を塗布したキャンバス（以下：「白亜地キャンバス」）とし、比較対象としてクサカベ製ジェッソを塗布したキャンバス（以下：「クサカベ製ジェッソキャンバス」）とした。また、それぞれの作製手順での走査型電子顕微鏡（以下：SEM）による観察と考察を行い、あわせて「白亜地キャンバス」の顔料成分となる、重質炭酸カルシウム、チタニウムホワイト（アナターゼ型、酸化チタン）のSEMによる観察も並行して行った。

上記の観察から「白亜地キャンバス」の白亜地層は吸収性があるというよりも、多孔質構造によって毛细管現象を引き起こし、絵具の浸潤する空間が十分にあることが判明した。このことが絵具層の接着力（食い付き）を高める要因となっていると考えられる。

それに対し「クサカベ製ジェッソキャンバス」の表面は、顔料の粒子形状がほとんど確認できないほど平滑であり、「白亜地キャンバス」に比べると、絵具の浸潤する空間が十分にあるとは言えないと総括した。（絵画における新しい下地塗料の研究 — 白亜地キャンバスの走査型電子顕微鏡

による観察 — 『愛知県立芸術大学紀要38号』にて報告)

このような観察結果を踏まえ、本研究グループで開発を目指す絵画用下地塗料として以下のような条件を設定した。

開発を目指す絵画用下地塗料の条件

- 「白亜地キャンバス」よりも作製工程が容易な塗料。
- 塗料の構造が多孔質などの要因により、毛細管現象を引き起こし、絵具の浸潤する空間が十分にできる塗料。
- 以上の条件を満たし、堅牢で絵具層との固着力（食い付き）が良好な塗料。

以上のような条件のもと、本研究グループでは「白亜地キャンバス」のバインダーにあたる膠に着目し、研究に着手した。我々が膠に着目した理由は、「白亜地キャンバス」の作製工程が容易でないことは膠の性質に由来していることは明らかで、たとえば、作製前日から膠を膨潤し60℃以下で湯煎しなければならぬことや、膠が気温の低下によってゲル化してしまうこと、低温保存しても腐敗しやすい性質があげられる。このような問題を解決し、利便性の高い下地塗料の開発をすることが研究目的のひとつである。

これらのことを踏まえ本研究グループでは、我々の条件に見合った塗料を開発するためには、膠以外のバインダーの選定もしくは開発が必要であり、そのことが研究目的に到達する最短路であるとの見解で一致した。また、条件を満たすバインダーの選定もしくは開発をするためには、膠のバインダーとしての性能を検知するための観察及び油絵具とバインダーの付着性試験を行うことが必要となった。

膠のバインダーとしての性能を検知するための観察では、膠の濃度の違いによって塗料の構造上の変化が生じるか、つまり毛細管現象を引き起こし、油絵具の浸潤する空間が十分にできる塗料か否かの判別を行った。

実際にSEM写真撮影した試料は

- ① 「白亜地キャンバス」
- ② 「ラングレ処方キャンバス」
グザヴィエ・ド・ラングレ著『新版 油彩画の技術』（黒江光彦訳、美術出版社、1974年、p158-p159）の処方によるキャンバス
- ③ 「白亜地キャンバス」に油絵具を塗布したもの
- ④ 「ラングレ処方キャンバス」に油絵具を塗布したもの
とし、SEMによる観察を行った。

上記の観察から、毛細管現象を引き起こし、絵具の浸潤する空間が十分にある構造の「白亜地キャンバス」に対して、「ラングレ処方キャンバス」では、絵具が構造中に移行している様子は観察できなかった。「ラングレ処方キャンバス」の塗料の構造が密になっており絵具の浸潤する空間が十分にあるとはいえないことがSEMによる観察から考察された。

「ラングレ処方キャンバス」のように膠の濃度が高いと我々が条件付けした構造（毛細管現象を引き起こし、絵具の浸潤する空間が十分にできる構造）の下地塗料とはなりえないことがこの観察により判断できた。これまでも「クサカベ製ジェッソキャンバス」で絵具の浸潤する空間が十分にできない塗料の構造は観察されており、今後本研究では、バインダーの濃度や製造方法に着目して研究に取り組む必要がある。（絵画における新しい下地塗料の研究 — 白亜地キャンバスの走査型電子顕微鏡による観察Ⅱ — 『愛知県立芸術大学紀要39号』にて報告）

油絵具とバインダーの付着性試験では、膠と合成樹脂（ポリビニルアルコール）（以下：PVA）の油絵具との塗膜接着性評価を行った。これまでのSEMによる観察結果から「白亜地キャンバス」の白亜地層は、その構造により油絵具と固着することが考察されている。この試験を行うことで、油絵具が膠そのものと付着しているか明確になる。なお、膠との比較試料としてPVAが選定されたのは、水性塗料などのバインダーとして広く普及しており、扱いが膠に比べて煩雑でなく、水への溶解性などの性状が似ていて、容易に手に入れられることが出来るからである。

評価した試料（バインダー）は

- ①ウサギ膠（水：ウサギ膠＝1,000cc：80g：クサカベ販売）
- ②PVA（クラレ製）

とした。試験方法と結果は以下のとおり。

試験方法

1. 試験片の作成

7.8重量パーセントの樹脂水溶液をガラス板上に塗布し十分乾燥させ樹脂塗膜を作り、その上に油絵具（クサカベ製コバルトブルー）を塗布、1ヶ月間乾燥させた。

2. 接着性試験

JIS K5600-5-6 塗膜の機械的性質—付着性（クロスカット法（碁盤目テープ法））に準じて行い塗膜の接着性を評価した。なお、クロスカットは1mm間隔で行った。

3. 結果

膠、PVAとも全てのマス目がはがれ、油絵具との付着性は極めて低いことがわかった。

本試験により、ウサギ膠の塗膜に油絵具を塗布した際の層間付着性は極めて低いことが確認された。したがって「白亜地キャンバス」においては、油絵具の層が膠に付着しているのではない。これまでの研究からも考察されたとおり、「白亜地キャンバス」では、油絵具層が白亜地塗料により

形成された多孔質構造の空間に移行して固着していることを本試験で裏付けるものとなった。

また、ウサギ膠の代替バインダーを選択する際は、油絵具との付着性は考慮しなくてもよいことが判明し、本実験の結果からPVAも本研究グループが目指す絵画用下地塗料のバインダーの性能を十分備えている可能性があるといえる。(絵画における新しい下地塗料の研究 — 下地塗料用樹脂と油絵具の接着性評価試験 — 『愛知県立芸術大学紀要39号』にて報告)

— 白亜地キャンバスの走査型電子顕微鏡による観察Ⅲ —

【観察の目的】

これまでの研究の経緯から、我々の条件に見合う絵画用下地塗料を開発するためには、製品としての安定性なども視野に入れた研究と適切なバインダー選定及びその濃度や製造方法を探る研究が今後の課題となっていた。

製品としての安定性なども視野に入れた研究では、絵具練機(株式会社クサカベ技術開発部所有の絵具を練肉する機械:以下「三本ロールミル」)で作製した2種類の白亜地塗料を塗布したキャンバス(分散湿潤剤を配合した塗料と配合していない塗料)のSEMによる観察を行った。

塗料を作製するうえで三本ロールミルを使用することや分散湿潤剤を塗料内に配合することは、塗料を安定に分散させるための工程である。このような工程を行うことによって、塗料が分離を起こしにくくなり、容器内での保存安定性を得ることに繋がる。その他にも腐敗を防止するための方策など考えられるが、防腐剤や防カビ剤を使用することで対応できることが分かっているので今回は塗料に配合しないこととした。

適切なバインダー選定及びその濃度や製造方法を探る研究では、PVAをバインダーとした白亜地塗料を塗布したキャンバスのSEMによる観察を行った。

PVAは、これまでの研究から我々の条件に見合う絵画用下地塗料のバインダーの性能を十分備えている可能性がある予想されているのでウサギ膠に代替されるバインダーとして使用した。

1. 下地作製に用いた材料等

前膠塗りキャンバス(前膠塗り※1) / 重質炭酸カルシウム(クサカベ販売) / チタニウムホワイト(アナターゼ:クサカベ販売) / 分散湿潤剤(CYTEC製) / PVA(クラレ製)

※1 1,000ccの冷水に80gの膠を入れ、前日から冷蔵庫で膨潤させたものを65℃以下の湯煎で溶かしあらかじめ調整しておく。

常温になるまで放置した膠水をキャンバスに刷毛で縦横それぞれ1回交差塗りする。

2. 下地塗料作製方法

2-1 三本ロールミルで作製した白亜地塗料

準備

- | | |
|------------|--------|
| ・水 | 2容量 |
| ・チタニウムホワイト | 3分の2容量 |

- ・重質炭酸カルシウム 3分の4容量
- ・膠水（水：膠=1,000cc：80g） 1容量

水にチタニウムホワイト、重質炭酸カルシウムを加え、攪拌機で攪拌し、三本ロールミルにより分散させる。分散液と膠水を攪拌機で攪拌し混ぜ合わせる。

2-2 分散湿潤剤を配合し、三本ロールミルで作製した白亜地塗料

準備

- ・水 2容量
- ・分散湿潤剤 少量
- ・チタニウムホワイト 3分の2容量
- ・重質炭酸カルシウム 3分の4容量
- ・膠水（水：膠=1,000cc：80g） 1容量

水に分散湿潤剤、チタニウムホワイト、重質炭酸カルシウムを加え、攪拌機で攪拌し、三本ロールミルにより分散させる。分散液と膠水を攪拌機で攪拌し混ぜ合わせる。

2-3 PVAをバインダーとした白亜地塗料

準備

- ・水 2容量
- ・チタニウムホワイト 3分の2容量
- ・重質炭酸カルシウム 3分の4容量
- ・PVA水溶液（水：PVA=1,000cc：80g） 1容量

PVA水溶液にチタニウムホワイト、重質炭酸カルシウムを振り入れて混ぜ合わせる。だいたい混ぜ終わったら水を少量ずつ入れて刷毛等でなめらかになるように混ぜる。

1. 下地作成手順

地塗り作業

前膠処理済みキャンパスに一層目と二層目は交差するようにし、気泡やピンホールが生じないように塗布する。

薄膠塗り

水1容量、膠水1容量（PVA処方の場合はPVA水溶液）を混ぜ、羊毛刷毛等の柔らかい刷毛で塗る。

油絵具の塗布

薄膠を塗ったそれぞれの下地に油絵具（クサカベ製カドミウムレッド）をナイフで厚さ約100 μm に塗布し、充分乾燥させる。

2. SEM写真撮影結果

撮影した試料は以下の通り。

- ① 三本ロールミルで作製した白亜地塗料
- ② 分散湿潤剤を配合し、三本ロールミルで作製した白亜地塗料
- ③ PVAをバインダーとした白亜地塗料

① 三本ロールミルで作製した白亜地塗料

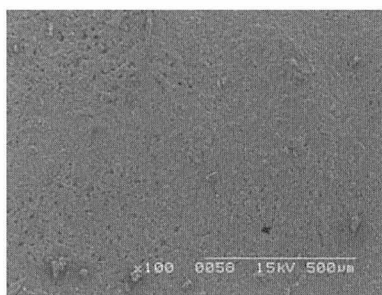


写真1 薄膠前の表面

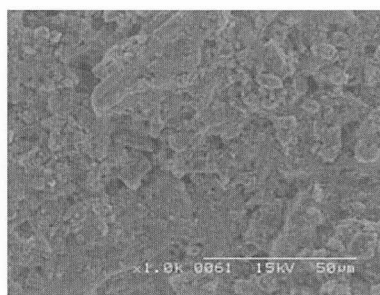


写真2 薄膠前の表面（拡大1）

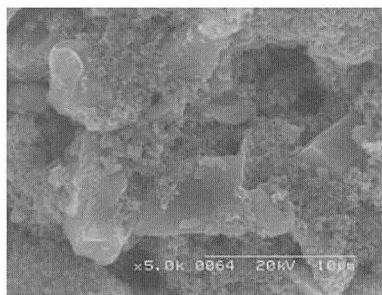


写真3 薄膠前の表面（拡大2）

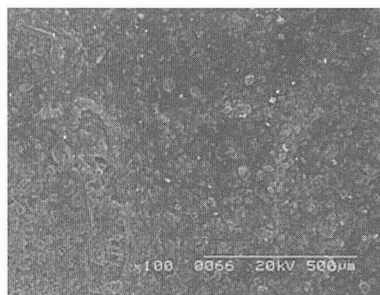


写真4 薄膠後の表面

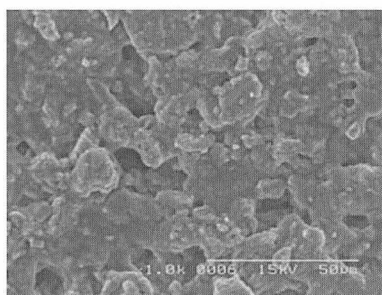


写真5 薄膠後の表面（拡大1）

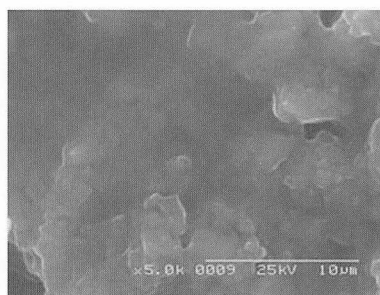


写真6 薄膠後の表面（拡大2）



写真7 薄膠後の折り曲げてできた断面

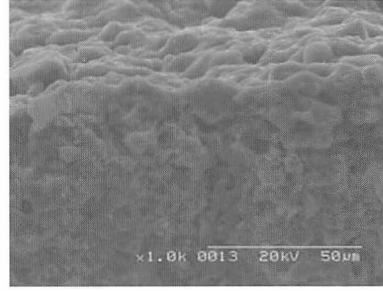


写真8 薄膠後の折り曲げてできた断面(拡大)

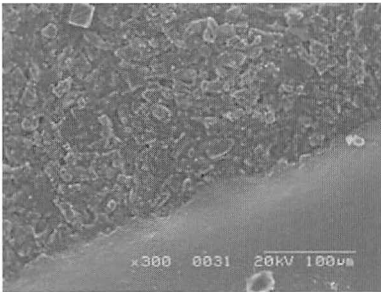


写真9 油絵具との境目

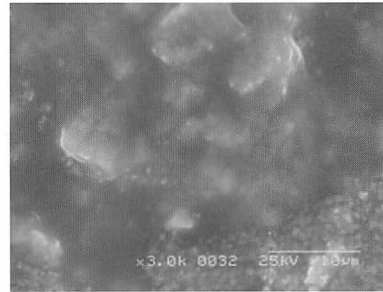


写真10 油絵具との境目(拡大)

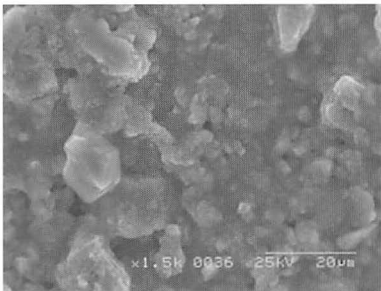


写真11 油絵具から遠いところ(表面)

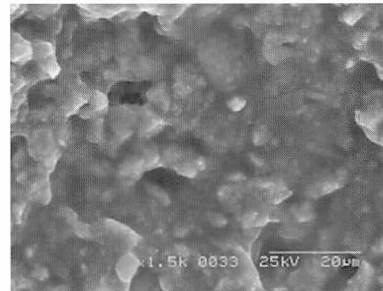


写真12 油絵具から近いところ(表面)

【①三本ロールミルで作製した白亜地塗料の観察】

三本ロールミルを使用しないで作製(手作業で攪拌)する「白亜地キャンパス」(『愛知県立芸術大学紀要38号』にて報告)と比較すると顔料がかなり密になっていることがわかる(写真1～3)。ただし、酸化チタン顔料と重質炭酸カルシウム顔料の分散状態は均一とはいえない(写真3)。薄膠を塗ると膠によりさらに隙間は狭くなり顔料表面の凹凸はほとんどなくなる(写真4～6)。断面を見ると内部まで顔料が密になっていることが観察でき、表面を膠が覆っていることが観察できる(写真7～8)。油絵具を塗布したとき、絵具の浸潤する空間がある構造であることが観察できる(写真9～12)。

② 分散湿潤剤を配合し、三本ロールミルで作製した白亜地塗料



写真13 薄膠前の表面

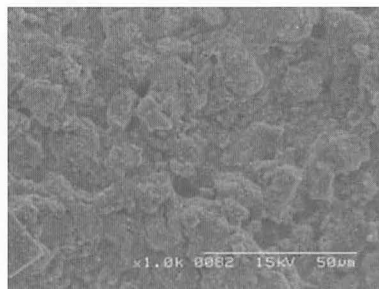


写真14 薄膠前の表面 (拡大1)

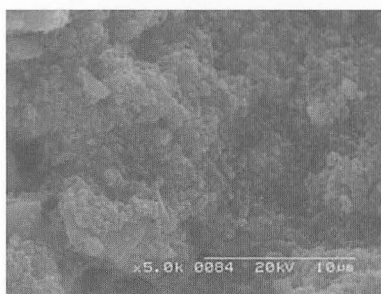


写真15 薄膠前の表面 (拡大2)

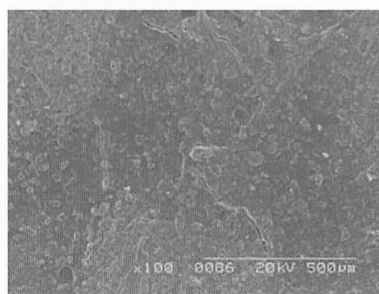


写真16 薄膠後の表面

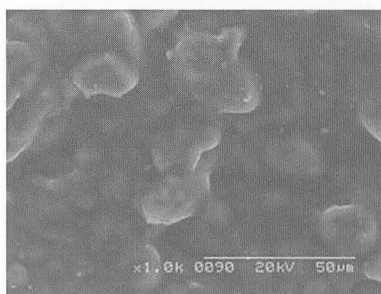


写真17 薄膠後の表面 (拡大2)

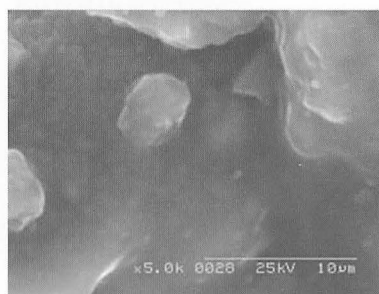


写真18 薄膠後の表面 (拡大3)

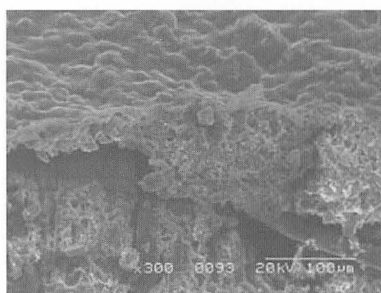


写真19 薄膠後の折り曲げてできた断面

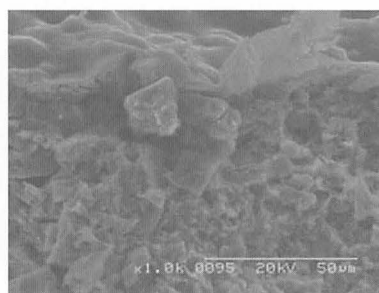


写真20 薄膠後の折り曲げてできた断面 (拡大)

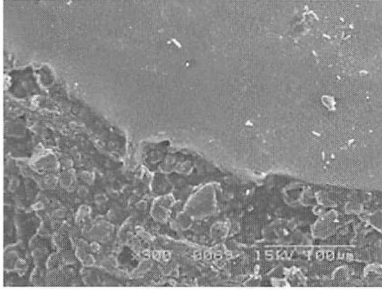


写真21 絵具との境目

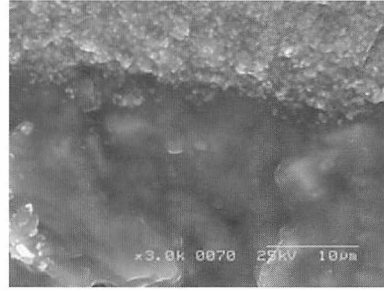


写真22 絵具との境目 (拡大)

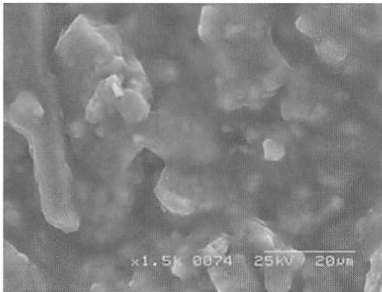


写真23 油絵具から遠いところ (表面)

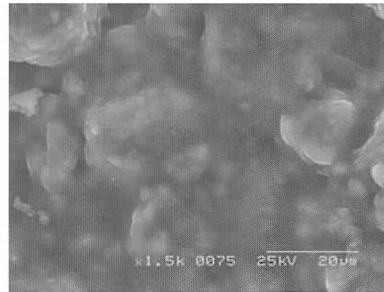


写真24 油絵具から近いところ (表面)

【② 分散湿潤剤を混入し、三本ロールミルで作製した白亜地塗料の観察】

分散湿潤剤を配合し、三本ロールミルで作製した白亜地塗料は、①の三本ロールミルで作製した白亜地塗料（分散湿潤剤を配合していない）よりさらに顔料が密になっていることがわかる（写真13～15）。しかも、チタニウムホワイト顔料と重質炭酸カルシウム顔料が比較的均一に分散されている（写真15）。薄膠を塗るとほとんど隙間はなくなり顔料表面の凹凸は観察しにくくなる（写真16～18）。断面を見ると内部まで顔料が密になっていることが観察でき、表面を膠が覆っていることが観察できる（写真19～20）。油絵具を塗布したとき、絵具の浸潤する空間が乏しく絵具が移行した状態を観察することができなかった（写真21～24）。

③ PVAをバインダーとした白亜地塗料（ここでいう薄膠はPVA水溶液を希釈したもの）

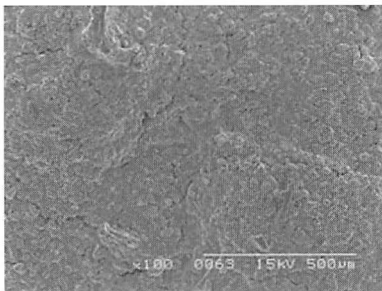


写真25 薄膠前の表面

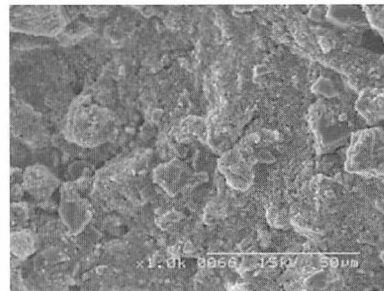


写真26 薄膠前の表面 (拡大1)



写真27 薄膠前の表面 (拡大2)

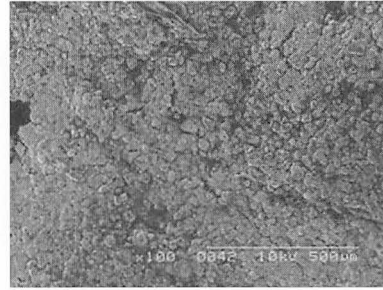


写真28 薄膠後の表面

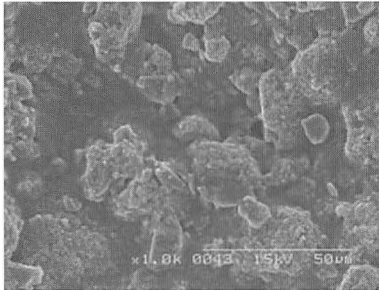


写真29 薄膠後の表面 (拡大1)

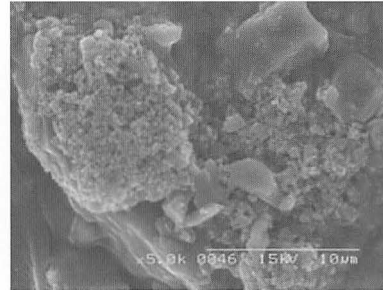


写真30 薄膠後の表面 (拡大2)

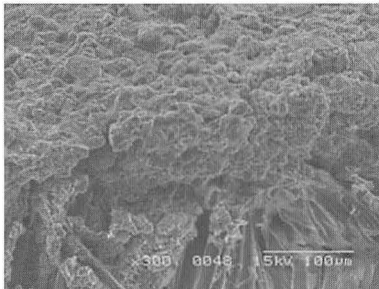


写真31 薄膠後の折り曲げてできた断面

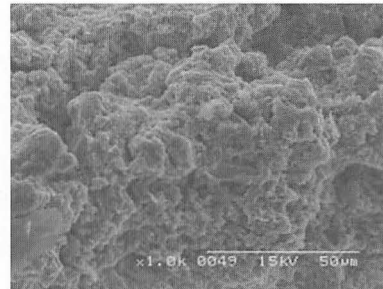


写真32 薄膠後の折り曲げてできた断面 (拡大)

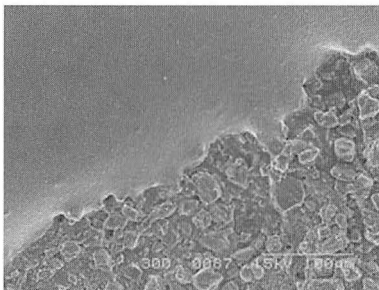


写真33 絵具との境目

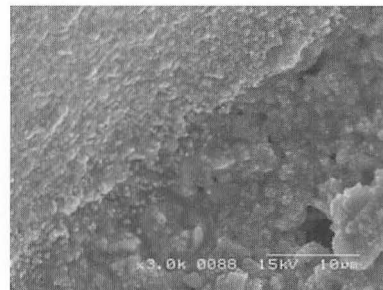


写真34 絵具との境目 (拡大)

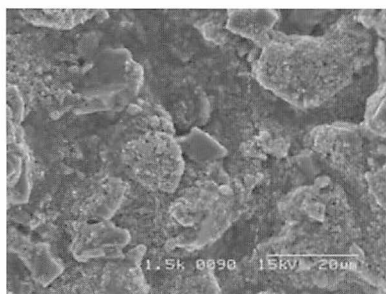


写真35 油絵具から遠いところ(表面)

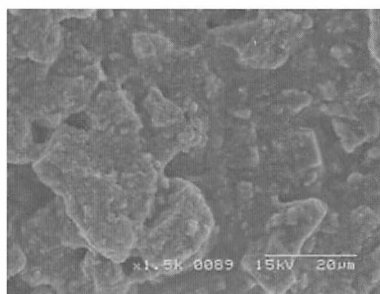


写真36 油絵具から近いところ(表面)

【③ PVAをバインダーとした白亜地塗料の観察】

薄膠（ここでいう薄膠はPVA水溶液を希釈したもの）を塗る前は「白亜地キャンバス」とそれほど差はない（写真25～27）。しかし、薄膠を塗ると「白亜地キャンバス」ほどきちんとPVAで覆われた状態は観察できない（写真28～30）。それは断面からも見てとれ、PVAでの被覆が完全でないことがわかる（写真31～32）。油絵具を塗布したとき、「白亜地キャンバス」と同様に絵具の浸潤する空間が十分にある構造と考えられる状態が観察できる（写真33～36）。

3. 総括

基本としてきた「白亜地キャンバス」の塗料の分散状態は、塗料の容器内での保存安定性を得るために三本ロールミルで作製したり、分散潤滑剤を配合すると再現できないことが判明した。膠上の油絵具の付着が不完全であることはこれまでの観察や付着性試験で確認されている。三本ロールミルを使用した塗料は塗膜表面の隙間が狭くなってしまったため、油絵具と膠の層間の接着性（食いつき）が劣ってしまう可能性がある。

分散湿潤剤を配合し、三本ロールミルを使用した塗料はさらに油絵具と膠の層間の接着性が劣る可能性があることが観察から判明した。絵具の浸潤する空間が十分にあり、結果的に多孔質を形成するような塗料の分散状態を、工業的に製造するのは難しい。（ただし容器内で塗料が分離することを明記し、容器を攪拌してから使用をするような製品化は可能であろう）

PVAをバインダーとした白亜地塗料はウサギ膠を使用したものと似た状態が観察できたが、PVA水溶液を希釈したものを塗ったときに表面に残る樹脂量が少なかった。写真からは判断できないが、内部に浸透したと考える。この違いはPVA水溶液の希釈割合を変えれば対応できるかもしれない。

作業が煩雑になるウサギ膠を使用せずに、これまでに観察してきた「白亜地キャンバス」のような構造をもつ絵画下地を作製するには、PVAを膠の代替バインダーとし、作製方法は従来どおり（手作業で攪拌）に塗料をつくり、キャンバスに塗布することが最適といえる。