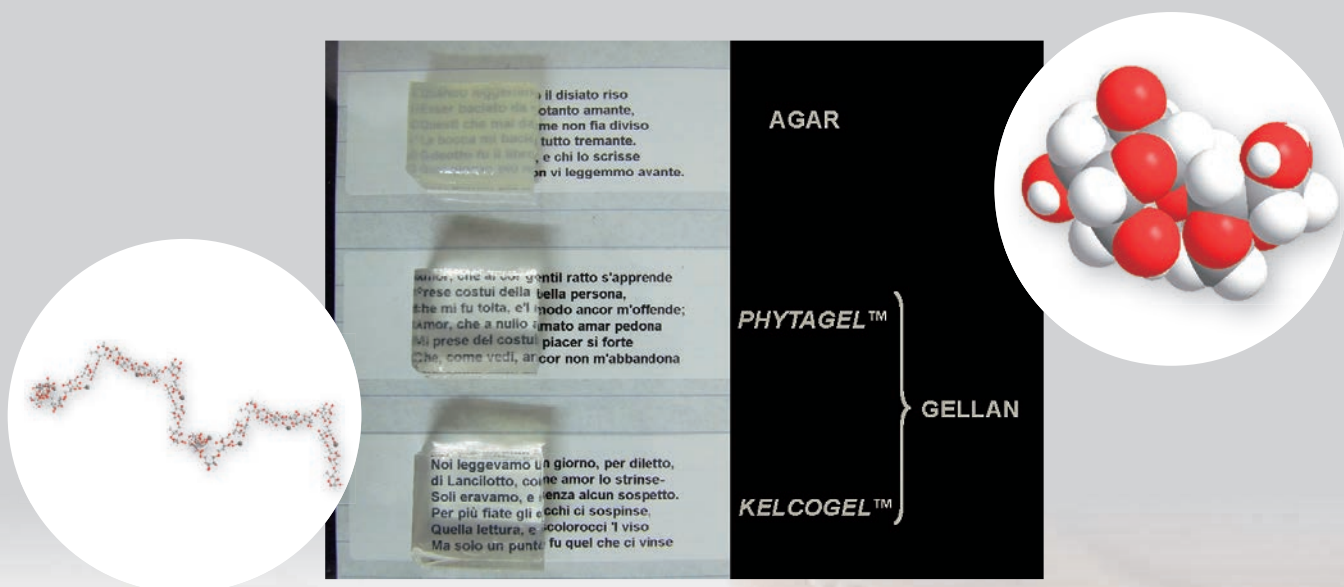


文化財修復処置に関する研究会 —クリーニングとゲルの利用について—

Seminar on Restoration Treatments for Cultural Property
- Cleaning and Gels -



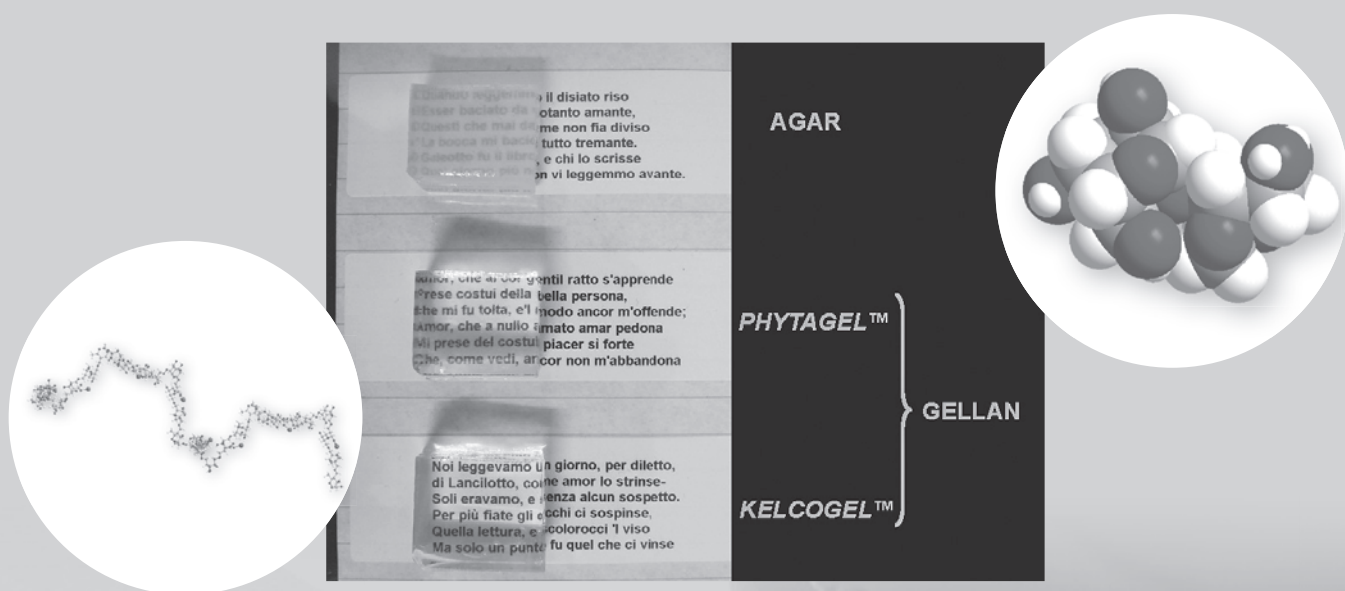
独立行政法人国立文化財機構
東京文化財研究所

Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage
Tokyo National Research Institute for Cultural Properties

2021

文化財修復処置に関する研究会 —クリーニングとゲルの利用について—

Seminar on Restoration Treatments for Cultural Property
- Cleaning and Gels -



本報告書は、令和元年10月11日に東京文化財研究所 保存科学研究センターが開催した「文化財修復処置に関する研究会 —クリーニングとゲルの利用について—」の内容を編集したものです。

This is the proceedings of “Seminar on Restoration Treatment for Cultural Property – Cleaning and Gels–” held by the Center for Conservation Science, Tokyo National Research Institute for Cultural Properties on October 11th, 2019.

独立行政法人国立文化財機構
東京文化財研究所

Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage
Tokyo National Research Institute for Cultural Properties

2021

はじめに

近年は文化財への注目が広がる中、文化財の種類や構成材料も多様な広がりを見せています。このような文化財においては、伝統的な材料や技法のみでは保存修復が困難な場合も多く見受けられるようになってきました。特に、作品の価値を損なわずに作品上の汚れを過不足なく除去することを、技法のみならず理念的にも考える必要性が高まっています。そのためには、文化財のクリーニングについて科学的なアプローチとともに、安定した技術、そして文化財修復とは何かという概念への問いかけも重要になってきます。

これらの要望を受けて保存科学研究センターでは、イタリアの保存科学者パオロ・クレモネージ氏をお招きし、令和元（2019）年10月11日に日本及び西洋における文化財のクリーニングに焦点を当て、現場における問題提起と最新の研究紹介を目的に、「文化財修復処置に関する研究会 ―クリーニングとゲルの利用について―」を開催いたしました。この研究会はそれに先立つ令和元（2019）年10月8日から10日に行なったクリーニングの基礎的な科学知識とゲル利用に関するワークショップ「文化財修復処置に関するワークショップ ―ゲルやエマルジョンを使用したクリーニング法―」を受けた形での開催となりました。

クレモネージ氏は修復現場に密着した保存科学者として第一人者であり、クリーニングに関しての著作も多く、多数の修復技術者の方達の教科書となっています。特にゲルを利用したクリーニングについては長らく研究されており、欧米ではワークショップ開催も回数を重ねていらっしゃいましたが、今回アジアで初めての開催となりましたことは東京文化財研究所としても喜ばしく思います。

研究会においては、クレモネージ氏からゲルの適用と最新の事例を含めた欧米におけるクリーニング方法に関するご発表のほか、国宝修理装演師連盟理事長の山本記子氏より日本で行われている保存修復のご紹介、写真修復家の白岩洋子氏よりゲル利用の国内での利用事例のご報告をお話いただき、実際の東西の修復現場における状況をご紹介いただきました。保存科学研究センターからはクレモネージ氏の発表に関連し、西洋絵画におけるクリーニング方法発展の歴史的背景を鳥海秀実、国内のクリーニング手法に関する研究の近年の事例を早川典子から報告しました。

今回の研究会により、東西の文化財修復での問題点、今後の新たな展開への展望などが共有されましたが、今後も文化財の保存修復について、実際の現場に寄り添う形での情報共有の場を設け、研究として深めていきたいと考えています。

令和3年1月26日

独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所
所長 齊藤 孝正

目次

Table of Contents

- 3 はじめに
Foreword
- 5 東洋絵画の修理について－日本の絵画の構造－
East Asian Paintings and Cleaning 山本 記子
YAMAMOTO Noriko
- 15 文化財クリーニング手法の開発－近年の研究紹介－
Development of Cleaning Methods for Cultural Property
－ current studies － 早川 典子
HAYAKAWA Noriko
- 25 紙及び写真作品の処置におけるゲル使用の可能性
Practical Use of Gels 白岩 洋子
SHIRAIWA Yoko
for Treating Works of Art on Paper and Photographs
- 33 西洋絵画におけるクリーニング方法発展の歴史的背景
Historical Background of Cleaning Methods 鳥海 秀実
TORIUMI Hidemi
Developed for Western Paintings
- 45 欧米諸国におけるクリーニング方法－事例に基づく概要－
Cleaning Methods in Western Countries パオロ・クレモネージ
Paolo CREMONESI
－ an overview through case studies －
- 73 編集後記
Notes

東洋絵画の修理について – 日本の絵画の構造 –

East Asian Paintings and Cleaning

山本 記子 / YAMAMOTO Noriko

国宝修理装演師連盟理事長 / Representative Director, The Association for Conservation of National Treasures

国宝修理装演師連盟の山本記子です。

本日頂いた「東洋絵画とクリーニング」というテーマについてお話するにあたり、限られた時間ですが、まず東洋絵画の構造、特に「日本絵画の構造（形体と技法）」についてお話し、そこにおける「クリーニング」の課題にふれたい。

本来、装演文化財の多くは日本家屋の室内において伝統的に使用されている「襖」「屏風」「掛軸」等の建具であり道具であり調度品である。特に家屋の中の「床の間」においては「床飾り」という季節や行事と連動した「設え（しつらえ）」の習慣があり「掛軸」は重要な道具である。

現在では、寺社の拝観や美術館博物館の展覧会等で、それらを鑑賞されることも多い。展覧会場においても鑑賞する際の形体は「掛軸、屏風、額」といった伝統的な姿、作品を装丁（表装）した形を見ており、制作者により表現された絵画作品（オリジナル）のみを鑑賞するという事は少ない。

それらは、文化財の分野では「装演文化財（絵画・書跡・歴史資料、等）」と呼ばれており、表現は多様であるが基本的な材料や技法は、絵画作品も書跡作品も同様のものが使われている。

専門用語になるが、オリジナル作品の部分（表現されたその物）を「本紙」、本紙を支えて装いを与える構造体を「装丁（表装）」と呼び、「装丁」を施すことを「仕立」と呼ぶ。

以下の話の中では「本紙」「装丁」「仕立」という言葉を使う。

My name is YAMAMOTO Noriko, from the Association for Conservation of National Treasures. I am honored to have been asked to talk about “Eastern paintings and cleaning” here today. Although we have only a limited time, I am going to discuss the structures of Eastern paintings first, particularly the structures (forms and techniques) of Japanese paintings, and then I will focus on the issues involved in cleaning them.

In essence, many of Japanese paintings and calligraphy mounted on paper and silk are; fittings, tools, and pieces of furniture that have traditionally been used in Japanese-style houses, such as sliding doors [*fusuma*], folding screens [*byobu*] and hanging scrolls [*kakejiku*]. In particular, there is an alcove called *tokonoma* in a room of the Japanese-style house, and it is a traditional custom to display the *tokonoma* keyed to guests, seasons and important events. Hanging scrolls play an important role here.

Today it is common that such artworks are appreciated by visitors to temples and shrines, or in exhibitions at art galleries and museums. When we see the artworks at an exhibition, they are often presented in the forms of hanging scrolls or folding screens, or in frames; in other words, they are mounted on traditional arrangements, and it is rare for the visitors to view a painting on its own, which is in the form originally completed by the artist.

In the field of cultural properties, these artworks are collectively called *Soko Bunkazai*, which include paintings, calligraphy, and other historical records. While there are a variety of different forms of expression, the basic materials and techniques are similar for both paintings and calligraphy.

In technical terms, the main artwork is called *honshi*. It is the original part made by the artist. The structural body that provides support to the main artwork in a decorative manner, which is the mount, is called *sotei* or *hyoso*, and the practice of mounting is termed *shitate*. In the following discussions, the terms “main artwork,” “mount,” and “mounting” will be used.

【装丁の種類について】

装丁の種類を大きく分類すると以下の3つになる。

- ①「掛軸、卷子（経巻や絵巻、等）」巻いて保存し開いて鑑賞する。
- ②「襖絵、壁貼り付、屏風、額、等」パネルに張り込まれた状態で保存し鑑賞する。
- ③「本（冊子、手鑑^{てかがみがじょう}、画帖、等）」重ねて綴じられた状態で、保存し鑑賞する。

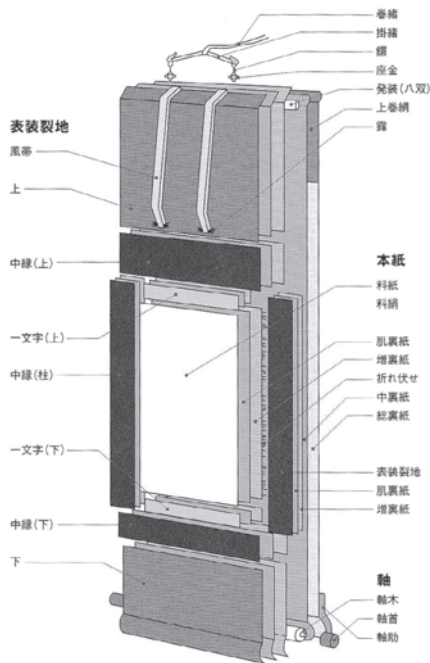


Figure 1
※ 13 ページに英語表記画像掲載

屏風装 byobu-so (Folding screen)

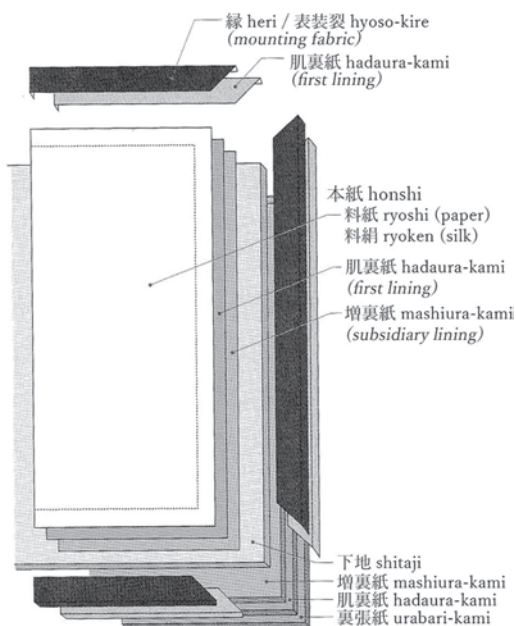


Figure 2

Types of the mount

Types of the mount may be grouped roughly into the following three categories.

- (1) Rolled up for storage and unrolled for viewing

<e.g.>

- Hanging scrolls
- Handscrolls [*kansu*] (scrolls of Buddhist sutra [*kyokan*], illustrated handscrolls [*emaki*])

- (2) Mounted on panels for storage and viewing

<e.g.>

- Sliding doors
- Paper on panels set into a wall [*kabeharitsuke*]
- Folding screens
- Frames

- (3) Folded and/or bound for storage and viewing

<e.g.>

- Books (booklets, albums of exemplary calligraphy [*tekagami*], albums of paintings [*gajo*])

The forms in which the main artworks are handled on their own are as follows. Those were not intended to be mounted for storage or public viewing at the time of their creation.

- Support composes a structural body; that is, artwork is executed directly on the structural body such as mural paintings (panel paintings [*itae*], plaster wall paintings)
- Main artwork is unsupported by lining and handled on its own such as letters and woodblock prints [*ukiyo-e*]

Materials used for mount

In the case of folding screens and sliding doors, the part that forms their framework is called *kumiko shitaji*. Sapwood of Yoshino Japanese Cedar (*Cryptomeria Japonica Yoshino*) is often used. Multiple paper layers of different types, characteristics and thickness are applied onto both sides of the frame using wheat starch paste to secure the structure. When a main artwork of a particular importance is to be mounted, the framework has nine layers of paper of seven different types on its front and back. Many of the paper applied onto the framework are made of *kozo*, papermulberry, fiber.

Materials used in main artworks

Supports

Primary types of supports on which paintings are executed are paper and silk, called *ryoshi* and *ryoken* respectively.

Types of fiber used as a raw material of paper include *kozo*, *gampi* (*Wikstroemia sikokiana* French. et Sav.), *mitsumata*

その他に、制作時点では装丁して保存鑑賞することを考えていない「本紙」のみの状態のものとして以下がある。

- ・「壁画（板絵や漆喰壁、等）」基底材と構造体が一体でそこに直接描かれたもの。
- ・「手紙や浮世絵、等」裏打ちの無い本紙のみの状態で取り扱われるもの。

【装丁に使われている材料について】

「屏風」や「襖」などを仕立てる構造体のうち、「骨格」を形作るものは「組子下地」と呼び、木材（吉野杉の白太、等）で組まれた木枠である。その両面に、種類や性質や厚みの違う紙を、小麦澱粉糊で何層も貼り付け安定させた状態を作り構造体とする。

重要な本紙を貼る下地には7種類9層の紙が両面に貼られている。それらの紙は、主に「楮」の繊維で漉かれている。

【本紙に使われている材料について】

『基底材』

絵画が描かれる主な基底材は「紙」と「絹」で「料紙・料絹」と呼ぶ。

「紙」の原材料となる繊維の種類には、「楮」「雁皮^{がんぴ}」「三極」「竹」等がある。

主には日本で漉かれた紙が使用されているが、室町時代以降の絵画や書の料紙として多く使われてきた「竹紙」は竹の繊維を用いて漉かれた紙で、良質のものは中国で漉かれ輸入されたものである。「画仙紙^{がせんし}」と呼ばれる主に「青檀^{せいたん}」に「稻藁」が混ざる紙も中国製である。

紙以外の主な基底材は「絹」である。絹は蚕の繭から採取された繊維を糸に紡ぎ織られた布である。

その他の基底材としては、木材（板、等）、土壁（漆喰壁、等）がある。

「木材」の上に描かれたものは、寺社の柱や天井や板壁などの建造物に付随するものがあり規模も大きいものが多い、その他には絵馬や御厨子^{みずし}の扉、等がある。

「土壁」は寺院の漆喰壁、装飾古墳壁画、等がある。

『色料』

基底材の上に表現するために使われる材料で、「墨」や「顔料（絵具）」が使われる。

特に墨は煤（油煙や松煙）を膠で練り固めたもので、日本のみならず東洋の書写の材料としては欠くことのできないものである。

顔料には、無機顔料と有機顔料がある。日本画で「岩絵具」と呼ぶ無機顔料は美しい発色の岩石を粉碎し粒度

(*Edgeworthia chrysantha* Lindl.), and bamboo. Paper made in Japan has been primarily used for the supports, but not all. For example, bamboo paper [*chikushi*], the paper made of bamboo fiber, has been commonly used as the support for paintings and calligraphy from the Muromachi period onward, and good quality bamboo papers would be made in China and imported to Japan. Xuan paper, or *gasenshi* in Japanese, which is made from blue sandalwood (*Pteroceltis tatarinowii* Maxim.) and rice straw, is also made in China.

Besides paper, an important material used for the supports was silk. Silk fabric is made by weaving silk threads reeled from the cocoons of silkworms.

Other supports include wood such as boards, and clay walls such as plaster walls. Some of the artworks executed on wood are part of buildings, for instance, those on columns, ceilings and walls of temples and shrines; they are therefore often very large in size. Other applications include wooden wishing plaques [*ema*] and doors of miniature shrines or altar cabinets [*mizushi*]. Artworks on clay walls include those on plaster walls and mural paintings in decorative tumuli.

Colors

Colors are materials used for creating an artwork on the support, including Chinese ink [*sumi*] and pigments.

Chinese ink is made to a solid form by kneading soot, such as oil soot and pine soot, together with animal glue [*nikawa*] and hardening it. It is an indispensable material for writing not only in Japan but in East Asia in general.

Pigments can be divided into two types: inorganic and organic. Inorganic pigments are mineral pigments called *iwaenogu* in traditional Japanese paintings. They are produced from bright-colored rocks which are pulverized and classified according to the particle size. Important minerals include azurite [*gunjo*], malachite [*rokusho*], orpiment [*sekio*] and cinnabar [*shinsha*]. Pigments such as vermilion [*suiginshu*], red lead [*entan*], lead white [*enpaku*] have been produced industrially from ancient times. Earth pigments include white clay [*hakudo*] and ochre [*odo*]. *Gofun*, more specifically is calcium carbonate obtained from seashells, is a white pigment produced industrially.

Techniques

Many of *Soko Bunkazai* are created by applying colors only onto the recto of the support. Those executed on paper and boards fall into this type.

For paintings on silk, however, in addition to the technique of applying colors onto the recto, colors are sometimes applied onto the both sides of a silk support to complete the

によって分類されており主なものに、「群青（アズライト）・緑青（マラカイト）」「石黄・辰砂」などがある。「水銀朱・鉛丹、鉛白、等」は古代から人工的に作られている。また土製顔料としては天然に産する「白土・黄土、等」がある。

「胡粉（貝殻胡粉）」は人工的に作られる白色顔料である。

【表現技法について】

多くは、基底材（本紙）の表面である片面からのみ色料を塗布することで表現がなされている。「紙」や「板」に描かれたものは、それにあたる。

絹本絵画については同様の片面からのみの表現の他に、料絹の両面から色料を塗り画面を完成させる方法がある、その技法は「裏彩色・裏絵具」と呼ばれ平面絵画でありながら、複雑な構造となる。

絹本絵画は、基底材である料絹を木枠に張り描かれる。油画の場合のキャンバスと似ているが、どちらかというところ刺繍を刺すときに木枠にはめて作業するのと似ており、作品は仕上がると木枠から外されて、安定させるために裏面に直接「肌裏紙」と呼ぶ紙を小麦澱粉糊によって貼る。肌裏紙無しでは大変不安定で画面の維持が難しい。屏風や掛軸や額などの鑑賞と保存のための最終的な形に仕立てるには、肌裏紙の上に、さらに裏打ちを重ね安定させる。

【構造的な損傷について】

絹本の絵画の損傷として、料絹の肌裏紙からの剥離剥落がある。料絹と肌裏紙との剥離は接着剤である小麦澱粉糊の劣化により生じる。料絹が剥離する際に、裏面からも彩色する技法で描かれた絹本絵画では、特徴的な損傷が生じる。経年により作品から料絹が剥落した後に、

painting. The technique of applying colors on the verso of the silk support is known as *urazaishiki* or *uraenogu*, and produces an intricate structure even though it is a two-dimensional painting.

A silk painting is executed on a silk support attached to a wooden frame. This may be similar to the preparation of canvas for an oil painting, but it actually resembles more closely to needlework and needlework stands. When a silk painting is completed, it is removed from the wooden frame, and then the verso is lined for stabilization, directly with a sheet of paper, what we call *hadaura-gami*, which means the first lining paper, using wheat starch paste. Without the first lining paper, the main artwork is extremely unstable and difficult to keep the surface stable. If the main artwork is ultimately to be completed in a form of a folding screen or a hanging scroll or with a frame for viewing and storage, linings would be applied subsequently on to the first lining paper for further stabilization.

Structural damage

Possible damage found on mounted silk paintings is the delamination of the main artwork (i.e. the silk support) from the first lining paper. The delamination occurs due to the deterioration of the wheat starch paste used as an adhesive. In the case of silk paintings executed using the technique of verso painting, characteristic damage occurs with the delamination of the main artwork. As the silk support comes off from the artwork due to aging, the pigments or the traces of the colors on the verso may be left on the first lining paper. In these cases, what should be preserved as the original part of the main artwork through restoration is not the old first lining paper but the original colors remained on it. It is important to remove only the old, deteriorated first lining paper, preserve the colors of the main artwork, and then stabilize it by applying the new first lining paper.

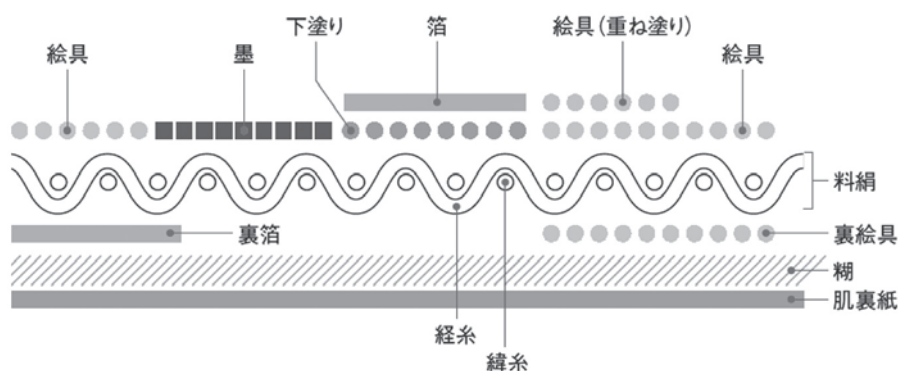


Figure 3

残った肌裏紙に裏面の色料やその痕跡が残る事がある。その修理においてオリジナルとして残したい物は、古い肌裏紙ではなくオリジナルの色料である。劣化した古い肌裏紙のみを除去し色料は残して、本紙として新しい裏打ち紙に接着して安定させることが重要な点となる。

【汚れを伴う損傷について】

『緑青焼け』

緑青の絵具そのものの変色だけではなく、酸化物が基底材である料絹や料紙に移動し、その劣化を進め基底材に変色や亀裂が生じる。

『水の移動によるシミ』

水そのものが汚水という事だけではなく、色料や基底材に生じた酸化物が水に溶けだし、その汚れが移動しシミになる。

『黴』

画面への菌糸や孢子等の付着による汚損。黴による基底材や色料の変色や退色などもある。

【黴の処置について】

表面からのみ生えている場合には、表面からだけの処置である程度のカビの除去が出来る。しかし次の画像の様に、カビが料絹と肌裏紙との間に発生している場合には、本紙料絹から肌裏紙を除去する必要がある。

カビ除去後には、新しい良質の肌裏紙を良質の糊で接着し、作品を支える装丁を再構成する。

Damage related to dirt

Stains induced by the copper-containing pigments [rokusho-yake]

This is not limited to discoloration of the copper-containing pigments itself but may cause the oxidized substances to migrate to the silk or paper supports, accelerate deterioration of the supports, and result in discoloration or cracks of the supports.

Stains due to movement of water

Not only the water itself is contaminated, but also the colors and oxidized substances on the supports may be dissolved and carried by water, resulting in stains.

Fungal infestation

This is a type of deterioration caused by hyphae and spores of fungi on the artworks. It can also result in discoloration or fading of the supports and the colors.

Treatment of fungal infestation

If the fungal infestation is only the surface of the main artwork, they may be removed to a certain degree with the surface treatment alone. However, if fungi have grown between the silk support of the main artwork and the first lining paper, as can be seen in the images below, it will be necessary to remove the first lining paper from the artwork. Once the fungi have been removed, a new good-quality sheet is applied as a first lining paper using a good-quality paste to reassemble the mount that provides support to the main artwork.

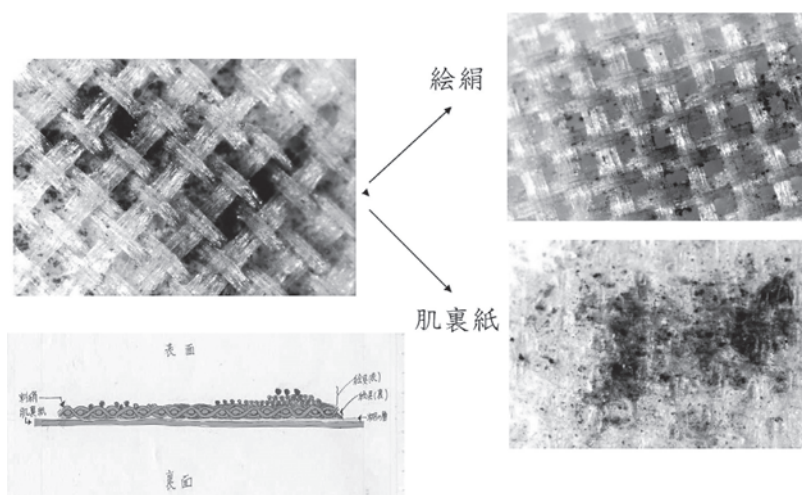


Figure 4

【本格的解体修理】

この徴に対する処置だけに限らず、日本絵画の修理において根本修理と呼ぶ「本格的解体修理」は、一旦装丁を解体して本紙を装丁から分ける。装丁に使われた裂を再使用する場合でも、本紙と装丁は解体し、別々に損傷に対する処置を行い、処置後に再度仕立てを行う。

過去に構造体として使用され紙や裂を除去する解体作業は、過去の接着に使用された小麦澱粉糊を、必要最小限の水で湿らせて緩めて紙を除去する。既に小麦澱粉糊の接着力が経年劣化により落ちている場合がほとんどである。裏打ち紙の除去は、構造体の裏面から1枚ずつ裏打ち紙を慎重に除去していき、最後に本紙に直接接着されている肌裏紙は、この時点では除去せずに残す。

【水によるクリーニング】

本紙から肌裏紙を除去する作業の前に、水によるクリーニングを行う。

本紙（基底材と色料）の状態調査は修理前にも行い解体前に必要な処置が有れば行っているが作業が進んだ段階、特に水によるクリーニングの前には再度の状態調査が必須である。

状態が安全ならクリーニングは膠による色料の剥落止めの前に行うが、絵具の接着が弱い場合には水を使用するクリーニングの前に膠による剥落止めを行う。

本紙の汚れは水を画面表面から噴霧し、汚れを溶かして下で敷いた吸い取り紙に移動し除去する。水による影響、特に色料に対する影響を充分注意しなければならない処置であるが、染料系などの水に弱い彩色に注意を払い事前の処置を行ってれば、膠で接着している絵具は基本動かない。

作業は、常に画面の状態を見ながら噴霧する水の量とタイミングを調整し進める。処置後は吸い取り紙に挟み、軽いプレスによって乾かし安定させる。

【肌上げ】

水により簡単に移動する汚れを除去したのちに、「肌上げ」と呼ぶ肌裏を除去する処置を行う。

『湿式肌上げ法』

古くからおこなわれているシンプルな方法は「湿式肌上げ法」と呼ぶ方法で、手順は、

- ①本紙全体に湿りを与え、作業板（アクリル板）の上に画面を下向きに水により貼り付け安定させる。
- ②裏面（肌裏紙）からさらに水を与え、過去に使われた小麦澱粉糊を緩め旧肌裏紙を除去する。
- ③旧肌裏除去後には、すぐに新しい肌裏紙を接着し安定

Comprehensive treatment involving remounting

What we call fundamental restoration in the field of Japanese painting conservation means comprehensive treatment involving disassembly and remounting; the mount is disassembled so that the main artwork can be separated from the mount. It is not limited to the case of treating the artworks infested by fungi. Even when the pieces of mounting fabric [kire] is to be reused, the main artwork should be detached from the mount and remounted after the appropriate treatment is carried out to each of them.

In the case of disassembly, pieces of paper and fabric that have been used for the mount could be removed by softening the wheat starch paste previously used as the adhesive by humidifying with the minimum amount of water necessary. In most cases, the strength of adhesion of the paste would have been decreased due to aging. Lining paper is removed with care, one sheet at a time, from the verso of the artwork. The first lining paper, which is pasted directly to the main artwork is left unremoved at this point.

Cleaning with water

Before the removal of the first lining paper, the artwork undergoes cleaning using water. The condition of the main artwork (i.e. the support and the colors) should have been examined prior to restoration, and any necessary treatment should be carried out before disassembly. Nevertheless, the condition should be monitored as the work proceeds. The condition check before cleaning with water is essential.

If the main artwork is deemed safe, cleaning will be done before the process of consolidation of pigments with animal glue. If, however, the pigments have been unstable due to the deterioration of the binding medium, the pigments will be consolidated with animal glue before cleaning with water.

To remove dirt from the main artwork, water is sprayed onto the recto. The dirt would dissolve into the water, and it will migrate to be absorbed by a sheet of the blotting paper that has been placed underneath. While this treatment requires a great deal of care to be carried out considering the influence of water, particularly that on the colors. The paints that have been fixed with animal glue will remain stable as long as necessary if preparatory treatment has been performed with particular attention given to dye-based and other water-soluble paints.

The cleaning is performed by adjusting the amount of water and timing of application of spraying while monitoring the conditions of the main artwork at all times. After the treatment, the artwork is placed between sheets of blotting paper, and gently pressed to let the artwork dry and stable.

させる。

本紙は、水により画面を板の上に接着し安定させているので、作業が終わるまでは乾かないように適量の水分（湿り）を与え続ける必要がある。

どれくらいの時間なら、本紙を水に濡らしていても安全なのかと云う判断が大切で、本紙の状態を見ながら手際よく出来るだけ短時間で完了させる。

本紙の基底材（料紙や料絹）の強度と除去する旧肌裏紙の強度と古い糊の強度により、水の分量や時間が異なるが全てに水が必要な作業である。

「水」の量と水の動きが絵画層に及ぼす影響を、一番注意しなければならない処置である。

特にここで水の問題は、作業にかかる時間と室温（水温）による膠の緩み（膨潤）である。絵具の接着に使われている膠は、水により膨潤するが熱を与えないと溶けないので常温の水を使う作業が可能になる。

しかし、膠が膨潤したままの状態が長時間続くと絵具の安定は保証できなくなる。

湿式肌上げ法では安全に肌裏除去が出来ないと判断した場合には、次にご紹介する「乾式」という方法を取る。

『乾式肌上げ法』

乾式とは、まったく水を使わずに作業を行う事ではない。肌裏紙を除去する処置を行う間、先に述べた『湿式』の様に水により本紙と本紙画面を安定させるのではなく、安定・固定が乾燥した状態である方法である。

- ①本紙絵画面を保護するために画面表面に、布海苔により養生紙を張り付ける「表打ち」と呼ぶ処置を行う。
- ②「表打ち」後、作品は一旦乾かして安定させ乾燥した状態で作業板（台）に平滑に固定する。
- ③肌裏紙除去は、小面積ごとに肌裏紙を裏面から水で湿らせて「糊を」緩め紙を除去する。
- ④肌裏紙除去と裏面からの処置が終了後、「表打ち」に使用した養生紙と布海苔の除去を行い新しい肌裏紙を接着し安定させる。

「乾式肌上げ法」という名称ではあるが、工程全体を通して水が使用される。

『湿式』との違いは、全体が水により濡れた状態となる時間が長時間に及ばないことで、肌上げ作業において必要な個所のみ必要最小限の水を使用する。

それにより肌裏除去にかかる時間に制限を持つ必要が無く、精密さが要求される肌裏紙除去に対して、安全に対応が可能である。

水による「クリーニング」処置は、シミ等の除去による美的な改善よりも、材料に内在している経年の汚れが、

Removal of the first lining paper

Once the dirt that easily dissolves with water has been removed, the first lining is removed; the treatment is called *hada-age*.

“Wet” method

A simple, old-established method for removing the first lining is wet method, what we call *shisshiki-hada-age*. Its procedure is as follows.

- (1) The entire surface of the main artwork is humidified, placed face down on an acrylic board and attached onto the board with water.
- (2) More water is applied onto the verso of the artwork (i.e. onto the first lining paper) to soften the wheat starch paste that has been previously used. Then the first lining paper is removed.

As the artwork is kept stable by being stuck onto the acrylic board with water, it is necessary to keep applying an adequate amount of water (moisture) to the artwork until the completion of the removal process to ensure that it does not dry out.

It is critical for the conservator to be able to make a judgment as to for how long it is safe for the main artwork to remain wet; the removal process needs to be executed efficiently and completed as quickly as possible while monitoring the conditions of the main artwork.

This removal method requires the use of water throughout the process although the amount of water required and the time it takes can vary depending on the strength of the support of the main artwork (i.e. paper or silk support), the previous first lining paper to be removed, and the adhesive strength of the paste previously used.

Paying attention to the influence of the amount and the movement of water to the paint layers is the most critical point in this treatment method. One issue associated with water that calls for particular attention is swelling of the animal glue resulting from the time for treatment to complete and the temperature of the room (or water temperature). Animal glue used as a binder in paints swells with water, but does not dissolve unless heat is applied to it, thus the treatment is possible by using water at room temperature.. However, if the animal glue remains swollen for a prolonged period of time, the stability of the paints cannot be guaranteed.

If it is considered unsafe to use the wet method to remove the first lining paper, the “dry” method discussed below would be applied instead.

修理作業中に使用する水により移動し汚れていなかった箇所を汚す、新たな際付きなどのシミを作る、といった変化（危険）を回避するための処置に重きを置く。

本紙修理においても仕立作業においても、「水」を使用する日本絵画の修理においては、その際に生じる変化について正しく知る事が重要であり、下記のような点に注意を払う必要がある。

- ・表現に使われた基底材（紙や絹）、色料（顔料や墨）の状態確認。
- ・絵具の接着剤である「膠」の状態確認。
- ・「水」を使用するときの気温や水温の確認。

水の問題だけではないが、修理処置を行うことで何も変化しないという事は無い、その変化が本紙にとって良い変化なのか否かの判断が必要なのである。作業に応じた剥落止めやにじみ止めについて考える必要が有る。

以上である。

“Dry” method

The word “dry” here does not mean that the process does not involve any water at all. Rather, it means that the main artwork and its surface are kept stable and fixed on a worktop without water, that is, they remain dry, while the first lining paper is being removed, as opposed to them being attached with the use of water as is the case with the “wet” method mentioned above.

- (1) For the purpose of protecting the recto of the main artwork, facing treatment called *omoteuchi* is performed; sheets of temporary lining paper are applied onto the surface of the main artwork using *funori*, the adhesive extracted from seaweed.
- (2) After the facing treatment, the artwork is left to dry. Once it is dry and stable, it is fixed onto the worktop so that it lays flat and smooth.
- (3) The first lining paper is removed incrementally, one small area at a time, by humidification with water to soften the paste.
- (4) Once the first lining paper has been removed and the necessary treatment on the verso of the main artwork has been completed, the temporary lining paper and the applied *funori* for facing are removed. Then a new sheet of first lining paper is pasted securely.

Although it is named the “dry” method, *kanshiki-hadage* in Japanese, it does indeed use water throughout the process. What differentiates this from the “wet” method is that the “dry” method does not require the entire artwork to remain wet for long hours with the prolonged use of water. The water is applied only where it is necessary and as little as possible in the process of removal of the first lining. Therefore, the “dry” method does not need to set limits on the working time to remove the first lining, and allows the removal of the first lining paper, which requires precision, to be performed in a safe manner.

The primary focus of the water-based cleaning is not aesthetic improvement by means of removal of stains, etc. Rather, it is to avoid certain changes (or risks), that is, to prevent dirt that has accumulated within the materials over time being dissolved and carried by the water used in the restoration process. The movement of contaminated water may disfigure the areas which have so far remained undefaced, or may form new stains or tidemarks.

In the restoration of Japanese paintings that involves the use of water, whether it is the treatment of the main artwork or the mounting process, it is important to have the correct understanding of any changes that are expected to occur with

the use of water. Therefore, what should be paid attention to and ensured are;

- the conditions of the support (paper, silk, etc.) and colors (pigments, Chinese ink, etc.) that are used for creation,
- the conditions of the animal glue used as a binder in the paints, and
- the room and water temperature when using water.

Water is not the only factor that poses issues; there is not a single treatment that does not cause any change at all. What is needed is to determine whether or not such a change is beneficial to the main artwork. It is necessary to consider methods for consolidation and fixing depending on the types of treatment.

Thank you.

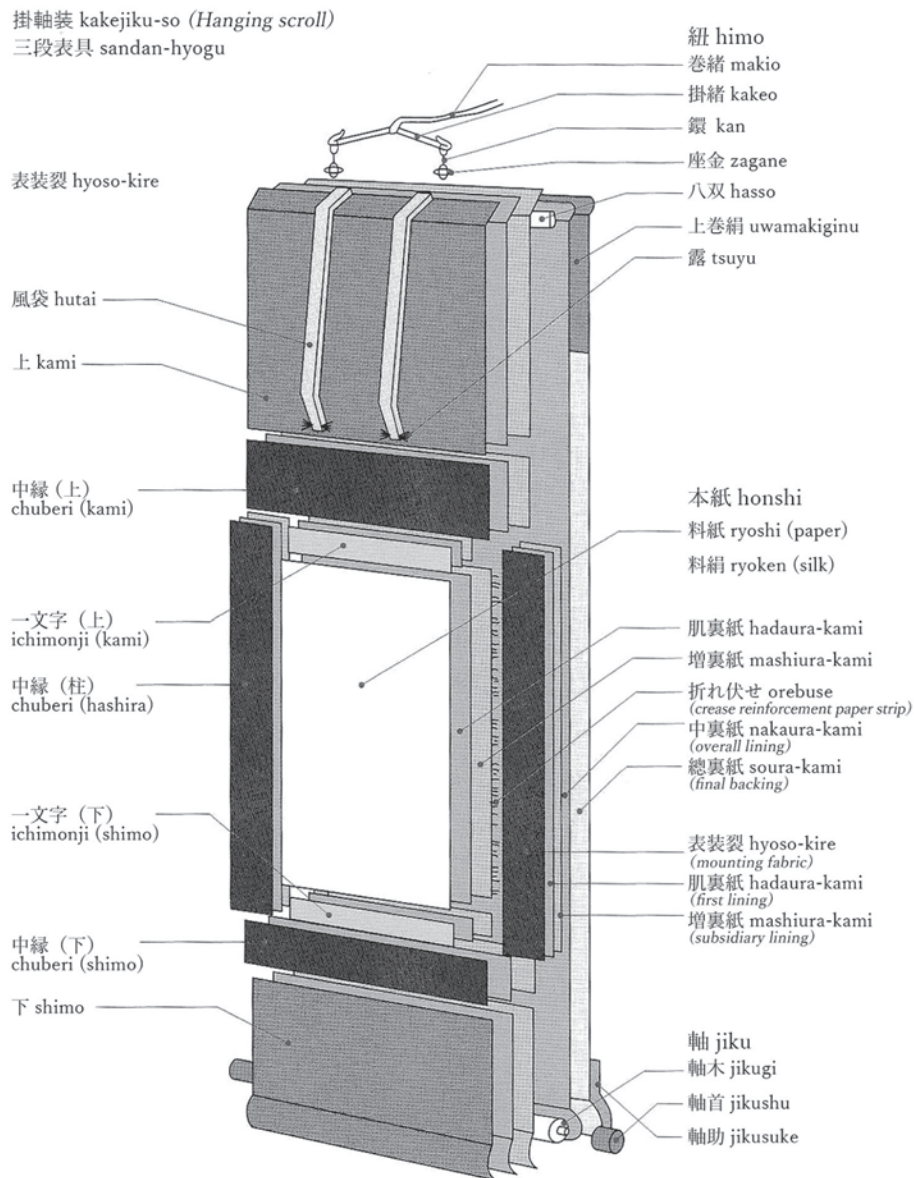


Figure 1

文化財クリーニング手法の開発－近年の研究紹介－

Development of Cleaning Methods for Cultural Property – current studies –

早川 典子 / HAYAKAWA Noriko

東京文化財研究所 保存科学研究センター 修復材料研究室長
Head, Restoration Materials Science Section, Center for Conservation Science

今回の発表では、山本さんのご発表と関連し、一般的な東洋絵画の修復で対応できなかった事例について紹介したい。私の専門は高分子化学で、文化財修復に関連するものとしては、接着剤の材料や、塗料の材料などに関わることが多い。こちらの研究所に来て20年以上、修理に使う材料から始まって、文化財を構成する材料の、主に有機物に関して調査・研究を専門としている。

東洋絵画において、クリーニングの基本的な工程としては、山本さんのご発表にあったようにドライクリーニングの後に水を使う。また、裏打ちを外すときにも水を用いるというのが、基本的な技法になっている。

近年様々な意味で文化財の幅が広がっていく中で、東洋絵画のこのような手法では対応しきれないときに、新しい試みをいくつか行ってきているので、ここでご紹介したい。

一つが酵素を使った処置である。これは主にクリーニングの際、水での洗浄だけでは除去できない汚れがある場合、取りたい汚れに特化した酵素を探索し、それを適用することでクリーニングする方法である。

二点目に、シクロドデカンという材料についても紹介したい。クリーニングの際に、水でどうしても溶出・拡散してしまう部分がある場合に、このシクロドデカンというものを使ってその部分を保護することで水によるクリーニングを可能にできた事例についてご報告する。

三点目に、水では除去できない為、今までの修理ではほぼ手付かずに残されていた汚れを、有機溶媒を使うことで除去できることがあるといった事例をご報告する。

最後にゲルを使った処置についてご紹介する。

この4つの要素を今回お話しさせていただく。

1. 酵素を利用したクリーニング

今回、2種類の酵素の使用事例についてご報告する。

その前に、まず酵素の特徴について簡単に説明したい。酵素の話をする際に「酵母との違い」が質問されることがあるが、酵母は生き物で微生物である。酵素の方は生物ではなく、単なるタンパク質の一種である。生物が何

I would like to introduce a few cases with novel solutions when typical conservation methods could not work for East Asian paintings.

My field of expertise is polymer chemistry; therefore, I have been concerned with adhesives and coating materials in this field. Since I came to work for the Center 20 years ago, I have also been involved in organic materials used for cleaning purposes. I have been conducting research on organics in particular.

Previously introduced by Ms. YAMAMOTO, generally for East Asian painting cleaning, there is a dry cleaning method as well as a water-based cleaning method, which uses a great amount of water. When removing lining paper, water is usually used. This is the basis for the cleaning methodology.

In recent years, since the domains of cultural properties have expanded, there have been cases where a significant amount water cannot be used because of the delicate nature of the works. Thus, on these occasions, new approaches have been adopted. Allow me to introduce these new initiatives and trends.

The first approach we will introduce is the use of enzymes. If cleaning with water is not sufficient, it is necessary to search for an enzyme that is targeted to remove the specific stains.

In the second approach, cyclododecane is used as a barrier when removing traditional hydrophilic materials. Ms. Yamamoto talked about using water to clean stains. However, water tends to disperse dyes, stains, and grime. When the original painting includes such elements, cyclododecane can be very effective, as it enables water-based cleaning.

In the third approach, organic solvents have been introduced to remove the stain when there are substances that were difficult to remove using water.

The final approach I will introduce is a gel-based

かを食べ、それを栄養分として体内で分解したい場合に、その分解反応をさせる為に自身で分泌する物質である。いろいろな種類の生物が、何かしら有機物を分解して生命活動を営んでいるが、例えば、デンプンを食べたい場合だとそのデンプンの分子鎖を切断するアミラーゼというものを出す。このアミラーゼ酵素がターゲットとする結合だけ切っていくというような仕事をするのが酵素である。

溶かして除去したい汚れの化学構造が何であるか明確に分かっていた場合に、その分子結合を切断する酵素さえ探し出せば、酵素は何度でもその切断反応を行うので、非常に希薄な濃度でも効率的な処置が可能となる。

ただ、適切な酵素を探索するのが困難な場合もあるが、その酵素さえ見つければ、非常に効果的に使え、かつ他の部分には全く作用しないため好ましくない副反応を生じさせないというのが酵素を使用する利点である。

1-1. 溶菌酵素の利用

最初に溶菌酵素の利用を紹介する。この酵素の利用を検討したのは、高松塚古墳壁画クリーニングがきっかけであった。高松塚古墳壁画の画面が、微生物、主にカビとバクテリアの発生で非常に汚れてしまったというのが、解体修理する大きな一つの理由であった。

石室解体後のクリーニングにおいて、この微生物による汚れをどのように除去するかを検討する必要があった。通常の東洋絵画の場合であれば、水を与えてちよつとずつ汚れを吸い取り紙に吸わせたり、ピンセットでごく少しずつ取っていくといった手段が用いられるが、漆喰の表面が非常に不均一で多孔質な状態であり、普通に水を与えて漆喰に触れると漆喰あるいは顔料ごと取れてしまうような状態であった。

この微生物の汚れはバイオフィームと呼ばれるもので、いわゆる、流しのぬめりのようなものが一面に生じている状態だった。乾燥すると漆喰ごとひび割れてしまい、水を与えれば、ぬめりの状態に戻るが、これを物理的に除去しようとする、顔料や漆喰も一緒に巻き込んで取れてしまう状態であったので、他のものに影響を与えずに、このバイオフィームを分解する必要があった。

そこで、溶菌酵素と言われる細胞壁を分解する酵素を選択した。これは、生物系の実験でDNAの分析をする際に細胞壁を破壊して中のDNAを取り出す際に用いる酵素であり、この溶菌酵素は菌を構成する分子を分解できる酵素である。溶菌酵素にも様々な種類があるが、その中で熱処理による精製が可能なものを選択した。熱的に安定でpHの変化などに対しても安定な酵素を、東文研の佐藤室長などから協力を得て選び、適用する前に顔

cleaning method. So, these are the four approaches that I would like to focus on in my presentation today.

1. Enzyme-based cleaning

Today, I will introduce two kinds of enzymes. Before that, I would like to note the differences between enzymes and yeast, translated *koso* and *kobo* in Japanese. Yeast is a living organism, while enzymes are proteins produced by these living organisms when they eat something. These similar pronunciations in Japanese cause confusion between the two substances. I would like to explain the function of the enzyme. When the organisms want to utilize starch, they cut the chain of the starch polymer to assimilate it. Enzymes act as scissors to cut the chain (see Figure 1). An enzyme is a substance that works by repeating a simple reaction for specific materials under optimum conditions (e.g., temperature, pH, humidity, etc.).

When you know the chemical component of the stain which you want to remove and you can assess for a suitable enzyme to work on breaking its molecular bonds, the enzyme can actually function at very low concentrations as it will repeat this action.

This means there is a low risk of damaging the original paintings, even when the enzyme remains on the painting after treatment. However, one needs to search for an enzyme that is suitable for stains to be removed.

1-1. Cell lytic enzyme

I would like to introduce this enzyme using the case of the mural painting tumuli in Takamatsuzuka, whose surface was covered with biofilm generated by microorganisms such as bacteria and mold. The surface was very dirty, which is why the tumuli had to be dismantled.

After dismantling, we were involved in the cleaning. In the case of this East Asian painting, water was used and the surface dirt was gradually removed using mechanical methods. Unfortunately, as shown in Figure 2, the surface of the plaster is very porous and was not evenly applied. If we remove surface dirt using mechanical methods on this uneven surface, the plaster and the pigment could also be removed unintentionally.

The surface dirt was similar to slime. After dismantling the stone chamber, it dried and cracked with a plaster surface. If water is introduced, it would become slimy again. However, when trying to remove the surface dirt with a brush, it tended to scrape away the pigments. It is

料や修復材料への影響も確認して使用した¹⁾。

使用方法としては、液体の状態なので、これを温めておき、筆で使用箇所を与えていく。塗布した後にしばらく時間を置くとバイオフィルムが分解するので、筆や、あるいは小さなメラミンスポンジですくい取ることができるとようになり、このようにして除去を進めた。作業前後の効果を示す (Figure 1)。

これは微生物汚れの発生した他の文化財にも適用できる手法と考えている。

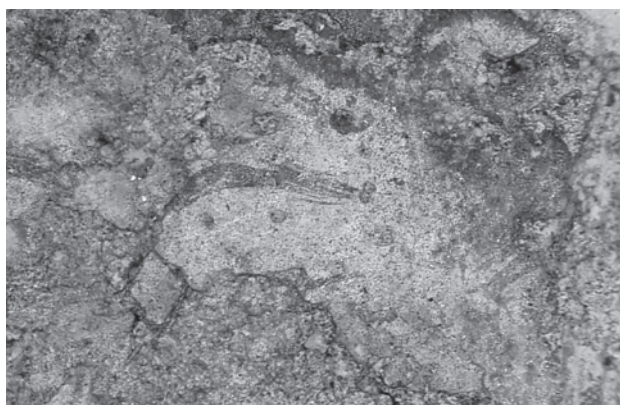
1-2. ポリビニルアルコール分解酵素の利用

もう一つ、ご紹介したい酵素の利用は、ポリビニルアルコール (PVA) の分解酵素である。ポリビニルアルコールは、昭和 20 年代以降に、特に障壁画の剥落どめに使用された。立ったままスプレーでも刷毛でも筆でも塗れるということで、非常に扱いやすく、また、透明度の高い材料である点も利点とされた。しかも、合成樹脂であるにもかかわらず有機溶媒が不要な水溶性であるため、作業環境を安全に保てる、加えて貼った後に高い接着力があるということで、よく使われた。

ところが、それが劣化した際に問題が生じた。白化したり剥離などの状況が確認されるようになった (Figure 2)。

PVA は水溶性であるため、また水を与えれば除去できると考えられて、恐らく使われていたと思われるが、使用時に溶液を調製する際には 60℃ ぐらいまで温度を上げて溶かす。そのため、その程度に温度を与えれば、再溶解して除去が可能なのかもしれないが、実際の文化財に 60℃ の温度は与えられないということで、これはほとんど解決が不可能な問題としてしばらく扱われていた。

しかし、大阪市立工業研究所が PVA 分解酵素をお持ちで、ご協力を得てこの分解酵素を使い始めたところ、大きな効果が確認された^{2), 3)}。



necessary to use something that can degrade the biofilm.

Therefore, we selected cell lytic enzymes that decompose the cellular wall. These lytic enzymes are common in biochemistry. There are many different enzymes; we selected a few kinds that can be purified at a high temperature. My colleague, Dr. Sato, selected this enzyme. Before we actually applied this, we tested it and found that it did not affect the pigments and the materials applied to the mural painting for conservation treatment¹⁾.

The only issue was that the metal foils changed color; however, this was not because of the enzyme, but due to the addition of water to the gilded part. There was no significant impact. Therefore, we decided to use lytic enzymes.

The enzyme is usually in a liquid state, and its concentration is very low, as I mentioned. It also has a very strong heat stability, so we kept the enzyme solution warm and applied it with a brush on the surface for some time. Then, with a very small melamine sponge, we could scrape off the biofilm. We could remove biofilm even from porous plaster surface. It demonstrates that this technique can be effectively used as a conservation treatment in Japan. We realized that using lytic enzymes can help enhance the cleaning process in such situations (Figure 1).

1-2. Polyvinyl alcohol degrading enzyme

You would have heard about polyvinyl alcohol (PVA) around 1945, especially its use as a consolidant for panel paintings. This became very popular because it could be sprayed or used with a brush, which is convenient. It is transparent; it is also soluble in water, it can be used without an aqueous organic solvent, and has very good adhesive strength.

However, the degradation of PVA has caused some serious problems. As the years went on, it began to peel and whiten.

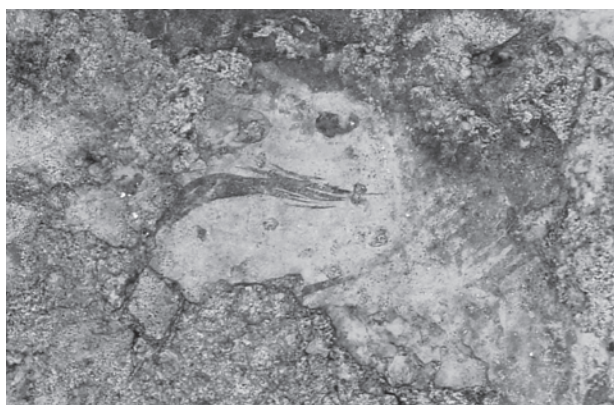


Figure 1: 修復前後の写真 (左: 修復前、右: 修復後)
Before and after conservation of the mural painting (left: before, right: after)
※ 23 ページにカラー画像掲載

2. シクロドデカンの利用

次にシクロドデカンの利用についてご紹介する。シクロドデカンとは炭素が、ドデカ（ラテン語の12）なので12個つながって環状の構造になったものである。性質としては、シンプルな炭化水素と言われるものの一種で、パラフィンワックスの仲間と考えて頂きたい。ただ、その中でこのシクロドデカンだけの特徴的な性質があって、これは昇華性がある（室温で固体のまま気体になって揮発する）。これを絵画の表面上に塗って保護すれば、塗布した場所だけワックスが塗られた状態、つまり水をはじく状態になる。その瞬間に水で作業をしてみれば、保護した部分に水染みを作らずに、染料の色などを滲んだりさせずに水の処置ができる。これは左右に同じ絵を、院展の絵描きさんに描いて頂いたサンプルだが、臘脂を使用して描いてある。臘脂は水に触れると滲んでしまうが、片方にシクロドデカンで処置をした後、双方に水をスプレーしたのがこの写真である（Figure 3）。このようにシクロドデカンで表面を保護しておいたものに関しては、全く滲まないで処置ができるというのが、この方法の特徴である。

ただ、一つ問題があり、シクロドデカンは粉状で売られている。昇華性を持つというのは、固体から液体にならず直接気体になりやすいという性質だが、これを何とかして液体状態にしないと作品に塗布できない。シクロドデカンを溶解させる溶媒（シクロヘキサン等）に溶かしたり、あるいは少しだけ加熱して融解させて、その瞬間に塗ったりといった方法をとるが、そのハンドリングがちょっとにくいという問題がある。

ただワックス状態なので、きちんと塗ることができればかなりしっかり表面を保護してくれる。しばらく置いておくと、シクロドデカンは揮発して表面には残らない。



Figure 3: シクロドデカンの効果（左：無塗布、右：塗布）
The effect of cyclododecane application (left: without cyclododecane coating, right: with cyclododecane coating)
※ 23 ページにカラー画像掲載

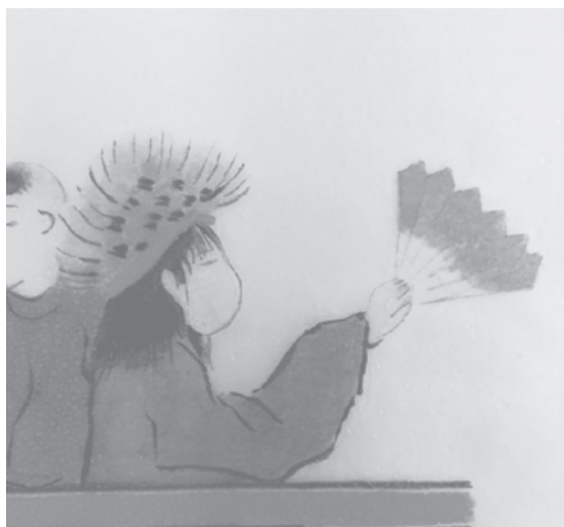
It is soluble in water, so one might think that with water, it can also be removed. However, it is necessary to heat the water at approximately 60°C to dissolve it, but materials that are as high as 60°C cannot be used on the surface of the works of art. Therefore, it was very difficult to solve this problem, and this material has not been used for quite some time. However, we learned that Osaka Municipal Technical Research Institute had assessed and registered the PVA-degrading enzyme. Therefore, we sought their cooperation and began to use this particular type of degrading enzyme. It was very effective, as shown in Figure 2. This is a wooden panel painting that is part of the historical architecture. You can see that the picture was almost unrecognizable in the image before treatment. However, by using PVA, we were able to treat a significant part of the surface of this work of art, as you can see²⁾³⁾.

2. Cyclododecane

Next, I would like to introduce the application of



Figure 2: 劣化したポリビニルアルコール
Degraded polyvinyl alcohol on the wooden panel painting



しばらくといっても温度に依存するが、0.08mm厚フィルムの場合 20℃の時には 3 日、38℃の時では 1 日で揮発するというデータを欧米の研究者が出している⁴⁾。

ただ、今言ったように、液体状態にするのに少々コツが必要になる。そのため、先ほどクレモネージ先生のご講義の中にあった D5 と言われるシリコン系の材料などの使用も今後は検討していきたいと考えている。

3. 有機溶媒の利用

次に有機溶媒の利用について報告する。膠や小麦デンプン糊は加熱しつつ水に溶かして接着に用いられてきた。しかしその後、除去する際には加熱はできないので、膨潤をさせた上で物理的に除去されてきたが、このような方法だと十分に除去できない場合もあった。しかし、これらの天然材料も、有機溶媒を利用することで、溶解除去が可能になっている。

現在の日本画などに使用されていた三千本膠を対象として、まず実験した。アセトニトリルと水の混合溶媒がタンパク質の良溶媒であることから、この混合比率を検討した。これは混合溶媒であることが重要で、「アセトニトリルと水の混合溶媒で溶けますよ」と話すときしばしばアセトニトリルだけ使用されることがあるが、実は、アセトニトリルの 100%にはタンパク質はほぼ溶けない。水との混合溶媒のみ溶解するが、それぞれのタンパク質の種類によって、アセトニトリルと水を溶かす最適な比率が変わり、さらに添加物が必要な場合もある。幸い三千本膠の場合はその添加物なしで溶解した。実験の結果、アセトニトリルが 25%の状態のときに、膠が室温で溶けることが明らかになった⁵⁾。

今まで施工でにじんだりみ出してしまった膠の除去などは、ある程度のところで諦めていた場合が多いかと思うが、この溶媒の使用により拭き取りが可能となる。

アセトニトリルについては、劇物に指定されているので取り扱いには資格者が必要となる。ただし、40%以下の水溶液は指定外なので、その点を注意して扱って頂きたい。

もう 1 つ、室温の水では溶けにくい天然材料が室温の有機溶媒で溶解する事例として小麦デンプン糊の溶解を紹介する。デンプンについても、良溶媒があるので、それを転用して、絵画の表面側に塗られていた小麦デンプン糊があったので、それを除去したことがある。古い時代の修理で、表面に小麦デンプン糊が付いてしまっているというのを、ヨウ素澱粉反応で確認した。デンプンの良溶媒はジメチルスルホキシド (DMSO) という溶媒だが、それで溶解して除去を行った。この溶媒は実は染料も移動させる可能性があるため、どのような場合でも

cyclododecane in the conservation field. Cyclododecane is an aliphatic cyclic hydrocarbon (12 carbons that have been cyclized) that is part of the paraffin wax category (not beeswax). It undergoes sublimation. It is volatile without turning into a liquid. Therefore, if you place this on the surface of work of art, that part will actually be able to repel water as though one had placed wax on it, and after treatment, it becomes volatilized.

If you want to treat works with water, you can apply this material during the treatment which will avoid change, removal or migration of (watersoluble) color.

These images are the paintings comparing with and without the coating cyclododecane (Figure 3). Cyclododecane effectively prevents tide lines from forming.

However, there is one potential issue. It sublimates like naphthalene. This means that the material will evaporate easily and will soon disappear. We therefore need to convert it to a liquid state because you will not be able to apply it as a solid state. There are two methods to change it to a liquid state: one is to dissolve in cyclohexane or some hydrocarbon solvent, while the other is to heat it temporarily, then they just coat it on the paintings. However, handling is cumbersome.

Again, it is like wax. If it can be applied, it can be very convenient because after the cleaning is finished, it gradually evaporates and disappears without any intervention. Of course, it is temperature-dependent, according to a European group, cyclododecane film 0.08mm thickness disappeared by its volatility within one day at 38°C, whereas the film disappeared within three days at 20°C⁴⁾.

It can be cumbersome, as I mentioned. However, as Dr. CREMONESI introduced us earlier in his presentation, there is now a new material called D5, which is also silicone. If you apply this, you will be able to actually repel water, which is another new initiative quite popular in Europe these days. I believe it is only recently introduced in Japan.

3. Application of organic solvents for traditional hydrophilic adhesives

Traditional Japanese adhesives, such as animal glue or wheat starch paste, are made using heat. Once they are dried, they cannot be re-dissolved without heating, so it is often difficult to remove them completely when the original work is re-treated because it is difficult to apply heat to artifacts.

Recently, we have found the solution using suitable organic solvents.

使えるということはないのであるが、そういう有機溶媒があるので、水で膨潤させてベタベタしたものを物理的に除去する方法だけではないという選択肢があることをこの場でお知らせしたい。

4. 日本国内の文化財修復におけるゲルの利用について

最後に、ゲルの利用についてご紹介したい。一般的に、東洋絵画や日本の建造物彩色のクリーニングは基本的にはドライクリーニングもしくは水による洗浄で行われてきたが、近年は先ほどご紹介したように有機溶媒を使用することで、より効果的な洗浄を行いたいというニーズが増えている。今回ご紹介するのは、油による汚損の除去事例であるが、それ以外にも粘着テープの除去に有機溶媒を使う、過去に使用された合成接着剤を除去するなどの目的で有機溶媒を使用したいという場面はかなり増えてきているように思う。

ただ、有機溶媒を使う場合、少しでも扱った方はすぐ感じられると思うが、水と違って揮発が非常に早い。そのため、十分に材料を溶かしきるまで、その部分に溶媒をとどめておくことがなかなかできないという欠点があり、有機溶媒で溶解したいのに溶解するまでの時間を十分に取ることができない問題があった。特に今回ご紹介する事例は建造物だったため、垂直面だと、溶媒がどんどん下に垂れてしまう上にあっという間に揮発してしまうというようなことが起きていた。そこで、ゲルの使用を検討した。ゲルはそこに含んでいる液体をごく少量ずつ放出するので、それを利用してわずかな湿りを長時間与え続けることができる。

先ほど、クレモネージ先生の講義の中でも少し触れられていたが、最近 Pemulen TR-2 というもの使用報告が海外では見受けられるようになってきた。ゲルを作る材料にはいろいろなものがあり、クレモネージ先生のお話でもあったように、使用事例で多いのは、ジェランガムやアガーなどであるが、これらは全部親水基を持つ、つまり水になじみやすい構造をしているものばかりなので、水を少量ずつ与えるゲルを作ることはできるが、有機溶媒を含んだゲルは作れないので、有機溶媒を少量ずつ与えたい場合には適用できない。

そこで、有機溶媒を含んだゲルを作ることが可能な材料として、Pemulen TR-2 に着目した。化学構造の一部に疎水基を持ち、つまり有機溶媒と親和性のある構造を持った材料なので、有機溶媒を含んだゲルを作ることができる。ただ、これは親水基も持った分子構造の材料なので、水と自分が使いたい有機溶媒とを両方を含ませてゲルにするという材料である。

使用する際には、直接作品にゲルが触れないよう、養

First, I would like to introduce *sanzenbon* glue, which is used as a medium for Japanese paintings—we tried to dissolve that. An aqueous solution of acetonitrile was tested. When acetonitrile is 25%, the glue can be dissolved at room temperature without heating⁵⁾.

There is a methodology that allows the glue to be removed without problem. Acetonitrile is specified as a toxic substance under the law, but only at 40% or above, so it is not designated as a poisonous material, although there is that potential. In addition, 100% acetonitrile will not dissolve the glue, so the ratio of the solution is very important.

The next step is the solvent for wheat starch paste. Based on research in the field of chemistry, there is a good solvent for this. There was a painting with starch applied on its surface and now had to be removed. I would imagine the starch was used for restoring the work hundreds of years ago. We were able to dissolve this starch in dimethyl sulfoxide (DMSO). DMSO is generally used for analysis purposes. I am introducing this particular methodology as an alternative to swelling with water and removing adhesives mechanically. This organic solvent can migrate dyes and because its boiling point is high, it is necessary to rinse with another volatile solvent (water and ethanol and so on). Therefore, it cannot be used in certain, so it cannot be used in certain situations, however I would like to mention its effectiveness in removing starch.

4. Application of gel in the cleaning

For the conservation of East Asian paintings and the polychrome architecture, cleaning was primarily done by dry cleaning with a brush. However, in recent years, there have been requests to remove stains with organic solvents. For example, there was a cultural property where an oil-like substance was sprayed on the surface. In addition, the removal of a pressure-sensitive tape was requested using an organic solvent.

Those of you who are familiar with organic solvents are probably aware of this, and it is necessary to have accurate knowledge to handle it properly. You need to be sure to dissolve the substance using the solvent, but it is very difficult to have total dissolution—organic solvents are very difficult to handle, and we are talking about the exterior of the building. Furthermore, we had to work with a vertical surface. You who have experience with this have probably found that you applied the material in your line of vision; however, the substance probably dripped. Therefore, we

生紙（この場合はレーヨン紙）を敷いた上にゲルを置き、その上にもう一回レーヨン紙をのせてラップをして伏せておく。これで有機溶媒を長時間接触させるということが可能になった（Figure 4）。

ここに筆で塗った場合と、どの程度違いがあるかについてのデータを示す⁶⁾（Figure 5）。今回の場合は、油による汚損を想定しているため、本来の色より濡れて暗く見えている。有機溶媒により汚れが除去されると色が明るくなる。そこで色差を測定することにより、どの程度の除去の効果があるか調べた。この結果、水平面と垂直面とで、効果が異なった。水平面に置いた場合、油の種類によらず、筆でやったものの方が、実は効果が出ている。特に、牛脂のように分子量が大きく溶けにくい油であると、筆で扱った方が実はきれいに取れやすいというデータが出ている。ただ、垂直面に関しては、やはり垂れてしまう、筆を使った場合どんどん揮発するばかりで垂れてしまってその場にとどまらないので、ゲルが非常に効果的であった。ゲルは垂直面のクリーニングを行うにはとても効果的であり、ただ、このグラフを見る限り、水平面についても効果がないというわけではないと考えられる。

もう一つご紹介したいのが、作業環境への影響である。有機溶媒は沸点が低いので、どんどん揮発してしまいが、そうすると揮発した分子は全て空气中に拡散し、そこで作業環境を汚染することになる。近年法規制が厳しくなり、作業環境をできるだけ制御しなければいけないという状況になってきていることも留意したい。

そこで、ゲルを使用した場合と筆を使用した場合の作業環境について測定した⁷⁾。筆を用いた場合、有機溶媒の処置の回数が増えるごとにどんどん空气中の溶媒濃度が上がっていく（Figure 6）。曝露基準値を太線で示してあるが、3回の処置後には基準値を完全に超える。

wanted to use this gel, so that the material would only be applied in areas where needed.

The material called Pemulen TR-2 is now beginning to be utilized, as Dr. CREMONESI introduced. He talked about Richard Wolbers and Pemulen TR-2, and how gellan gum and agar are used. However, these are hydrophilic—they have hydrophilic structures. Therefore, they cannot contain organic solvents to form organic gels, and can only use water-based gels. If one wants to have an organic solvent-based gel, one of the outliers would be Pemulen TR-2—it not only has hydrophilic groups but also hydrophobic groups; therefore, it can form a gel with both organic solvents and water.

We considered the gel to be suitable for cleaning Japanese paintings and polychrome architecture. In East Asian paintings (including Japanese paintings) and polychrome architecture, pigments are not coated because the medium is animal glue, so we examined how to use the gel on those parts, and also examined what the effect would be on the working environment.

If you apply the gel directly, it becomes very sticky on the object, and it may take in pigment when it is removed. Therefore, we used a rayon sheet between the gel and the object, and we placed the sheet on top of the gel, so it was wrapped (Figure 4). This decreased the solvent volatilization.

This is a comparison between the effect of gel cleaning and that of brush cleaning to remove oil-like stains (Figure 5)⁶⁾. We evaluated those using color changes. We compared both the vertical and the horizontal surface and found that the effects differ between the two, and in the case of the horizontal sample, the shaded part is the gel-based area, and the colored part shows the brushed area. In

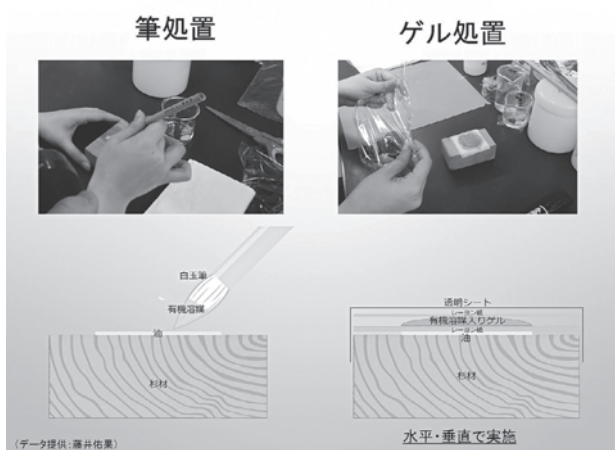


Figure 4: 筆の処置とゲルの処置
Brush and gel application

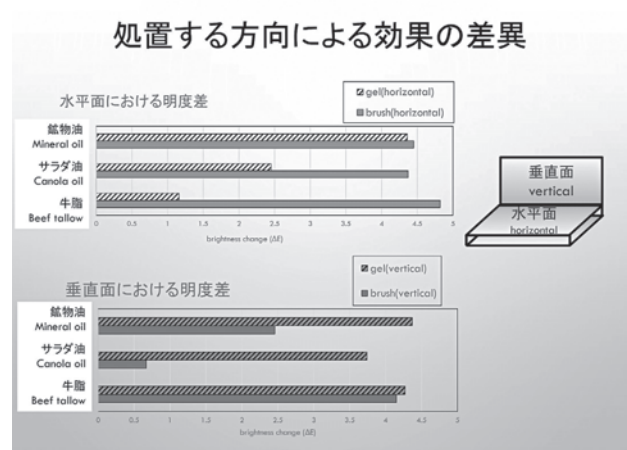


Figure 5: クリーニング処置の効果比較
Evaluation of brush and gel application

この図で明らかのように使用した有機溶媒がヘキサン (hexane) の場合でもアセトン (acetone) の場合でも、3回作業を行うと、曝露基準値を超えているが、どちらの場合も、ゲルを使うとほとんど検出されない、あるいは、複数回処置後には、ふわっと臭うことはあっても曝露基準値を下回るというデータが示された。まとめると、ゲルを使用した場合、水平面だと除去効果は、筆を塗ったときほどではないが、それでもある程度は効果があるのに加えて、作業環境を考えると、特に室内の場合、ゲルを使った処置は有効であると考えられる。

参考文献／References

- 1) 高松塚・キトラ古墳壁画上の微生物汚れの除去—酵素の選抜とその諸性質— (佐藤嘉則、木川りか、貴田啓子、川野邊渉、早川典子) 『保存科学』 57 pp.11-22 (2018)
- 2) 文化財修復に用いられたポリビニルアルコール除去における酵素利用の検討 (早川典子、酒井清文、貴田啓子、坪倉早智子、大河原典子、岡田祐輔、藤松仁、川野邊渉) 『文化財保存修復学会誌』 56 pp.7-36 (2013)
- 3) ポリビニルアルコール分解酵素の劣化ポリビニルアルコール除去への応用—酵素と接着剤および色材間の相互作用— (酒井清文、早川典子、楠京子、山中勇人、川野邊渉) 『文化財保存修復学会誌』 60 pp.22-35 (2017)
- 4) Cyclododecan: Technical Note on Some Uses in Paper and Objects Conservation, I.Bruckle, J. Thornton, K. Nichols and G. Strickler, Journal of the American Institute for Conservation 38 (2), pp.162-175 (1999)
- 5) 東洋絵画の剥落止めにおけるアセトニトリルの有効性について (楠京子、早川典子、山本記子、的場礼、横堀篤代) 文化財保存修復学会第36回大会 明治大学 (2014) pp.136-137
- 6) 文化財への適用を目的とした有機溶媒を含むゲルクリーニングの方法の検討 (藤井佑果、山本記子、早川典子) 『保存科学』 58 pp.119-132 (2019)
- 7) On-site Surface Cleaning of Japanese Architecture Using Gels Incorporating Organic Solvents, N.Hayakawa, Y.Fujii, N.Yamamoto and C.Sano, Studies in Conservation 65 (sup1), pp.139-141 (2020)

this case, we found that brush cleaning was more effective. On the horizontal surface, in places where the mineral oil has not migrated as much, we found that brush cleaning was very effective in removing this stain. However, on the vertical surface, we found that the gel was more effective because the liquid tended to drip. Therefore, for the vertical surface, gel is very effective, and even on all horizontal surfaces, it is not ineffective; it also has a positive impact on the working environment.

As mentioned earlier, organic solvents tend to evaporate easily because of their volatility. This means that once it is volatile, the more it contaminates the air, which means that the working environment is being affected. In the past few years, the regulatory working environment has become more stringent, so we are now in a situation where we need to control the working environment. We evaluated the effects on the working environment by using gel in the conservation treatment (Figure 6)⁷⁾.

We found that the concentration level increased after three treatments, exceeding the threshold limit for exposure, for both hexane and acetone. In contrast, when using the gel in both cases, organic solvents were hardly detectable in the air.

As mentioned previously, in the case of horizontal surfaces, the difference of cleaning with the brush and the gel is not significant; however, in indoor working environment gel-based treatments can be advantageous with less contamination.

So, thank you. That is all for my presentation. I appreciate your kind attention. Thank you.

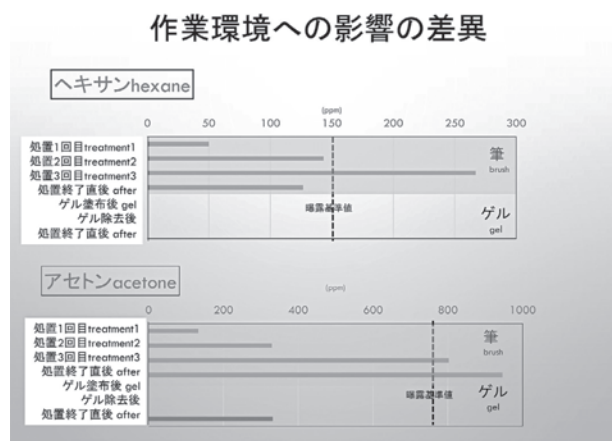


Figure 6: 作業環境への影響の差異
Effects on the working environment by using gel in the conservation



Figure 1: 修復前後の写真（左：修復前、右：修復後）
Before and after conservation of the mural painting (left: before, right: after)



Figure 3: シクロドデカンの効果（左：無塗布、右：塗布）
The effect of cyclododecane application (left: without cyclododecane coating, right: with cyclododecane coating)

紙及び写真作品の処置におけるゲル使用の可能性

Practical Use of Gels for Treating Works of Art on Paper and Photographs

白岩 洋子 / SHIRAIWA Yoko

修復をしております、白岩です。このたび、こちらの研究会で発表をさせていただく機会を与えてくださいました東京文化財研究所に、まず感謝を申し上げます。

本日は、紙作品や写真作品にゲルを使った結果をご報告したい。ゲルを修復処置に使い始めてからまだ2年くらいで、勉強しながら試行錯誤を続けている状態だが、少しでも情報をここで共有することでゲルを用いた新しい処置方法を考えるきっかけになってもらえればと思う。

さて、まず私とゲルとの出会いであるが、かねてから海外の学会や文献で、ゲルが修復に積極的に使われていることについては知っていたものの、実際にゲルについて知る大きなきっかけとなったのは、2017年10月にロンドンで開催された3日間のカンファレンス、Gels in Conservationに参加したことであった。このカンファレンスには世界中から500人以上の出席者が集まり、本日講演されたパオロ・クレモネージ先生もご発表されている。

このカンファレンスに出席したことで、修復家や保存科学者のゲルに対する関心の高さが伺え、修復の分野を超えてゲルの使用や研究がされていること、またゲルにさまざまな種類があるということが分かった。カンファレンスの発表をまとめた本は Archetype 社から出版されており、発表の様子を YouTube で見ることもできる (Figure 1)。

My name is Shiraiwa. First of all I'd like to thank Tokyo National Research Institute for cultural properties for giving me an opportunity to talk.

Today I'd like to report the results of using gels in conservation practice. It has only been 2 years since I began using gels. So, I am still in the trial and error phase but I thought there is a point in sharing information. So, I hope that it will be a trigger for considering the use of gels as a new method for treatment.

First, my encounter with gels. Since some time ago, from literature and academic meetings overseas, I was aware that gels were actively used in conservation, but they truly inspired me when I attended a three-day conference in London, "Gels in Conservation" in October 2017. There were more than 500 participants from all over the world, and Professor Paolo CREMONESI who is here today, gave a presentation during the conference. By attending the conference, I understood that there was an increasing interest in gels by the conservators and conservation scientists and that gels are being used and researched across the field in conservation. I also learnt that there are variety of gels. Archetype has published the book on the conference and some presentations can be accessed on YouTube (Figure 1).

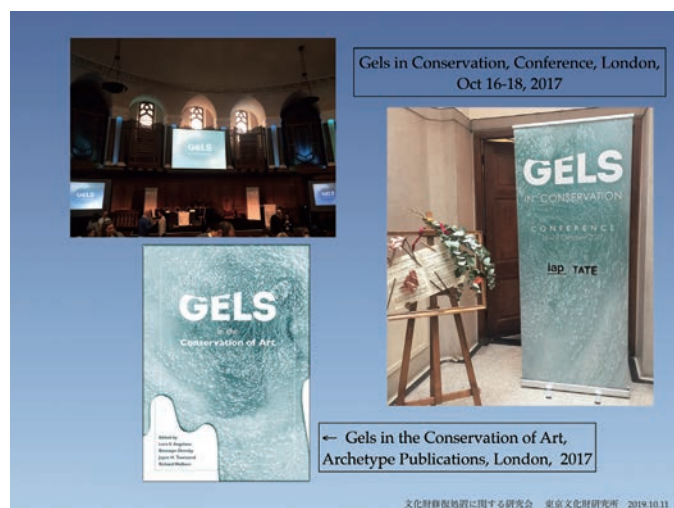


Figure 1

その翌年、2018年の春、ロンドンでリチャード・ウォルバース氏によるワークショップを受けた。このワークショップでは、ゲルの作り方やゲルを使って紙作品のクリーニング、しみ抜きを実践した。今までゲルと言えば、メチルセルロースやクルーセルしか使用したことがなかったが、作品の表面のpHや導電率を測定したり、それらを考慮して調整したゲルを作るということも、初めての経験であった。

それでは、これからいくつかの事例をご紹介します。ご紹介する修復事例には、ジェランガムとアガロースという2種類の硬質ゲルが登場する。紙の修復によく使われている硬質ゲルはこの3種類で、アガー（寒天）、中央がアガロース（寒天を精製したもの）、そして、ジェランガム（菌体シュードモナス・エロディアが分泌する高分子）であり、全て多糖類のゲルである。それぞれゲルの濃度を変えることによって、作品に対する水分の浸透を調節することができる。アガロースは、アガーと違い非イオン性、電氣的に中性であるため、導電率を測るゲルとして使われている。またアガロースは、ジェランガムと違い酵素を混ぜることができる。更に緩衝剤、キレート剤を混ぜることができるため使いやすいが、価格がジェランガムの10倍ぐらいになる。アガーとアガロースは蒸留水、ジェランガムは酢酸カルシウムを含む水溶液で作成する。これらのゲルは作品の表面を徐々に加湿したり、紙の繊維をほどよく膨潤させ、表面にある汚れや不純物を吸着させるときなどに使う。なおジェランガムは、アガーやアガロースに比べて透明度が高く、同じ濃度でも強度、柔軟性があるように感じられる。

最初の事例は、1950年ごろのゼラチンシルバープリントである。印画紙はバライタ紙で裏面は普通の紙と同じなので、ご覧のとおり周囲に紙が貼り付いたまま接着剤が硬化、変色して紙に染み込んでいた。劣化した接着剤の影響で、表の画像のハイライトの明るい部分には茶色い染み、またシャドーの銀が多くある部分には銀鏡が見られた。

バライタ紙は、多少厚みのある支持体で、プリントのサイズが大きい場合、接着剤が裏面の周囲、時には全体に付けられマットに固定されていることがある。日本の写真業界の特徴として、プリントそのものよりも写真集の制作に重点が置かれることがあり、オリジナルのプリントが粗雑に扱われていたり、保存を考えた上での額装がされていないことがある。

この作品の裏面に付着した紙と接着剤部分をスポットテストしたところ、メチルセルロースで除去が可能であった。ただし塗布後、接着剤が柔らかくなるまで、ある程度時間がかかった。写真の場合、裏面であってもあ

The following year in 2018, in the spring time, I participated in the workshop in London taught by Dr. Richard Wolbers. In this workshop we learned how to make gels and how to clean works on paper using gels. In terms of gels I only had experience in using methyl cellulose and Klucel so it was a first experience for me to use gels to measure pH and conductivity of the objects and to make gels with adjusted pH and conductivity based on those measurements.

Now in the case studies that I am going to introduce, two rigid gels will be mentioned, gellan gum and agarose. In paper conservation three commonly used rigid gels are agar, agarose and gellan gum. They are all polysaccharides. By changing the concentration you can adjust the permeation of water into the work. Agarose is non-ionic and therefore it is used for measuring pH and conductivity. Unlike gellan gum, it can carry enzyme. It can also carry buffer and chelators, so quite useful, but it is 10 times the price of gellan gum. Agarose is made with distilled water and gellan gum is made with a solution of distilled water and calcium acetate. These gels can gently humidify the surface, swell paper fibers adequately, and can be used for removing stains and impurities. Gellan gum is more transparent in appearance than agar and agarose and seems more rigid and flexible at same concentration.

First case study is gelatin silver print from circa 1950. The support is fiber based (baryta) paper which is just like an ordinary paper on verso. As you can see, papers and hardened adhesives are adhered on the edges. They have penetrated and stained the paper support. Influence from the deteriorated adhesive can be seen as brownish stains on highlight areas and as silver mirroring on shadow areas.

Baryta paper can be relatively thick so if the print size is large, adhesives are usually used along the edges and sometimes on entire area of the paper when mounting. Unfortunately in Japan, photography industry used to have more emphasis on publishing books and catalogues of fine art photographs than original prints. Therefore sometimes the prints have been handled poorly or mounted and framed with no conservation context in mind.

For this work, first of all, spot tests were done on the adhered paper and adhesive and the results showed that they could be removed using methyl cellulose. However, it took a while for adhesive to become soft enough to remove. With photographic prints, too much exposure to moisture even from verso, can result in deformation of support or change of gloss on the image surface, so sometimes even the use of

まり長く水分を与えると、支持体の変形や表面の艶などの特徴が変化してしまう場合があるため、メチルセルロースが使用できないことがある。また接着剤の除去に使用できたとしても、その後、紙作品のように浸漬して洗浄することができない場合が多く、塗布したメチルセルロースを完全に除去できないのが難点だった。

そこで、ジェランガムを使用した。紙の付着は、ゲルによって少しずつ適量の水分が入るためはがしやすく、小さなジェランガムを置きながらスパチュラを使ってはがした。紙を除去した後、接着剤も容易に除去することができた。

ゲルを置いてから、10分ほどで接着剤が柔らかくなり、支持体に水分が入り過ぎない状態が保てた。柔らかくなった接着剤を綿棒でぬぐい取ってから再び新しいゲルを置いて、作業を3回から4回ほど繰り返した。メチルセルロースを使用する処置に比べ、接着剤が広がらず、変色を更に取り除くことができた。ゲルに色が付くため、どの程度で処置を止めるかが分かりやすいという利点もあった (Figures 2-4)。

こちら写真の裏面の処置であるが、破れてめくれて薄くなった紙に茶色い紙が付着して残っていた。このように薄い紙に付着している接着剤や付着物は除去しにくく、ともすれば支持体の紙にダメージを与えてしまうことがある。ここでは、アガロースを使ってみたいところ、水分のコントロールを適切に行うことができ、支持体に影響を及ぼすことなく付着した茶色の紙を除去することができた。

次に紹介する作品はゼラチンシルバークラウドの表面に紙が付着してしまっていたもので、今年6月に日本カメラ博物館にて「真継不二夫展」が開催される前、何点か処置をした写真の中の一つである (Figure 5)。

小暮美千代という女優の写真で、1948年に出版された『美の生態』という写真集に掲載されている。オリジ

methyl cellulose is limited. Even if you can use it for removing of adhesives, often you cannot immerse wash like works on paper so sometimes difficult to remove residues of methyl cellulose completely.

Here, gellan gum was used. It can penetrate moisture slowly in the adhered paper, so it was easy to remove. Small piece of gellan gum is applied onto the paper first and spatula is used to scrape them off. After the paper was removed, adhesive could also be removed easily.

Adhesive became soft after gellan gum was placed for about 10 minutes, not wetting the support too much. Then they were cleaned off using cotton swabs. Then a new piece of gellan gum is placed, repeating the procedure for three to four times. Adhesive did not spread out and discoloration could be removed further by using gellan gum compared with methyl cellulose. Another advantage was that it was easy to see when to stop the treatment from the color of gellan gum (Figures 2-4).

Next case study. This is the verso of a print where support paper has peeled off. On this thinned paper, another brown paper was adhered. It is often difficult to remove

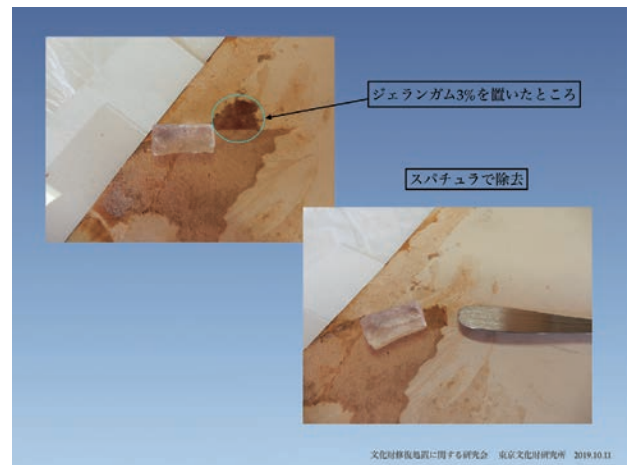


Figure 2

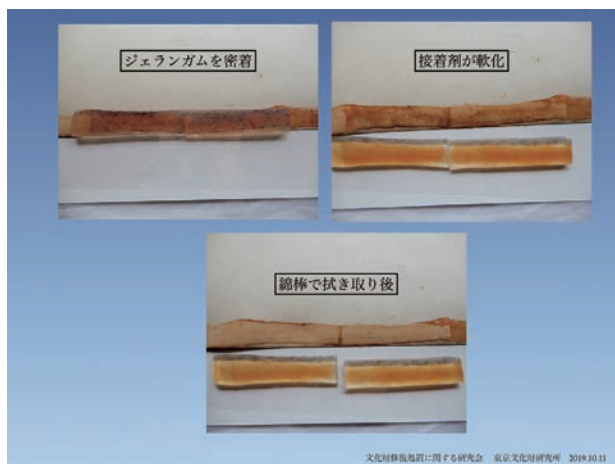


Figure 3



Figure 4

ナルプリントはこの1枚しか残っておらず、裏面を見ると染みの跡があり、過去に何らかの液体がかかったようであった。表面も液体がかかった所が変色していた。部分的に白っぽい紙が付着しており、水分によってゼラチン層が軟化して糊のようになり、上に重ねてあったプリントか紙が貼り付いてしまったと考えられた。この作品は破れや欠損などもあったが、所蔵者が一番気にしていたのは、鑑賞の妨げになる中央左の付着した紙であった (Figure 6)。

ゼラチンシルバープリントの表面からこのような付着物を除去するためには、今までは水や有機溶剤を含む水を使用する以外方法はなかった。加湿したり、ネブライザーで微量の水蒸気を当てながら除去することもあったが、薄いゼラチン層 (画像層) も一緒にはがれてしまう可能性があった。特に、一度水害、あるいはカビの被害に遭った脆弱なゼラチン層に再び水分を入れるということは、かなりのリスクがある。そこでアガロースの使用を試みた。

アガロースを付着していた紙の上に数秒間載せた後、柔らかいシリコン筆で、紙の繊維を取り除いた。作業中の写真は無いが、ドライクリーニングした後に、先ほどのような小さなアガロースを使って少しずつ作業した。結果はか

adhesives or accretions on thin support as damage can occur during removal. Here, agarose was used and it was possible to control moisture to remove the brown paper without interfering the support.

This is the example of paper adhered to gelatin silver print. It was one of the prints which underwent treatment before the exhibition of MATSUGI Fujio at JCII Camera Museum Photo Salon (Figure 5).

This is a photograph of an actress KOGURE Michiyo and it was included in "Ecology of Beauty" published in 1948. This is an original, unique print. On verso you can see the liquid stain. On the image there are some discoloration where the liquid came in contact. Some areas have white paper attached, which may be from another print or paper placed on top of this print when it had damage, as gelatin can become soft and sticky when wetted. Although there were some tears and missing areas, the owner was mostly concerned about the white paper adhered in the center which distracted the appearance (Figure 6).

In order to remove the paper as such, usually water or water with organic solvent are used. Sometimes it is humidified, or nebulizer is used to apply water vapor for removal, however, thin gelatin layer which containing image could delaminate. The photographs which went through flood or had mold, tend to have vulnerable gelatin layer. Therefore there is a great risk to introduce moisture. Here agarose was used.

Agarose was placed on the adhered paper and after several seconds, soft silicon brush was used to remove paper fiber. I don't have the photograph during the treatment. The print was first dry cleaned and then a small piece of agarose was used to remove the paper step by step. The result was satisfactory although discoloration from the stains could not



Figure 5



Figure 6



Figure 7

なり満足のいくもので、変色を除去することはできなくなったが、すでにあった剥落部分を補彩して仕上げた (Figure 7)。

次の事例でもアガロースを使った。ゼラチンシルバープリントで、紙と紙の繊維の付着物が数カ所あった。処置後、付着物があった所は、少し光沢の違いが見られたが、画像層を保護しながら付着物の除去を行うことができた。

これは額装されずにベニア板に直接、太鼓張りにされていたゼラチンシルバープリントである。70年代から90年代の国内の作品にときどき見られ、このようなマウント状態では保存が心配ということで、はがすことを依頼されることがある。その際、プリントの表面の周囲に貼られた紙テープはそのままにすることがほとんどであったが、今回は実験的にアガロースを使用した。

その結果、酸化した紙テープをほどよく湿らせて除去することができた。残った紙の繊維は、軽く濡らした綿棒で除去した。テープの汚れや酸化物がゼラチン層に浸透せず、効果的な処置方法だったと考えられる。以上が、ジェランガムやアガロースを使用した事例である。いずれも、ゲルの pH や導電率を変えずに作成したもので処置をした。

ここで、溶剤を含んだゲルということでソルベントゲルを使用した水彩画の例を挙げる。水彩画の裏面に幾つもの接着剤の茶色い跡があり、表面までしみ出していた。これは2016年に行った修復で、当時はゲルについてあまり詳しくなかったため、海外の修復家に方法を教えていただいた。リチャード・ウォルバース氏のソルベントゲルの一つで、カーボポール®934 ポリアクリル酸誘導体 (増粘剤) と塩基の界面活性剤エソミン®C25 にアセトンと酢酸エチルを1対1で配合して作成したゲルを使用した。今回は、アセトンと酢酸エチル1対1が一番効果的だと判断してこのゲルを作ったが、他の極性を持つ有機溶剤であれば、このゲルに混ぜて作ることができる。このゲルはアガロースやジェランガムのような硬質のゲルではなく、粘性のあるゲルである。

作品の表面にもかなり染みが濃く残っていた。裏面から染み部分に不織布を保護材として置き、その上にゲルを置いてカバーした。ゲルの中の溶剤はすぐに揮発しないため、染み部分との接触時間を長く保つことができた。処置の順序は、まずゲルでできる限り接着剤を除去した後、少し残ってしまったゲルをエタノールと水の混合溶液で除去し、サクシオンと溶剤を使用して、取り切れなかった染み部分を除去した。サクシオンが使って洗浄できる所だけ、つまり表に水彩絵の具がない箇所だけ処置を行い、その後表面から部分的に漂白を行った。

別の作品も、接着剤の染みに対して同じような処置をした。このような染みの場合、ゲルを使う前はシップやサクシオンを使うことが多かったが、今回のようにゲル

be removed. Retouching was done on existing loss at the final stage of the treatment (Figure 7).

Next example is the use of agarose as well. It is a gelatin silver print and had paper and paper fibers adhered on the image. After removing them, there were some difference in gloss on adhered area and the rest but removal was successfully done by protecting the image layer.

This is a gelatin silver print mounted directly onto a wooden panel using paper tapes all around. This style of mounting can be found in the photographic works from 1970s to 1990s. Sometimes requests are made to remove them from the panel, concerned with preservation issues, but usually paper tapes are left as they are on the print. Agarose was used experimentally to see whether these could be removed.

As a result, it was possible to remove acidic paper tape by humidifying to an appropriate level. Remaining paper fibers were removed with slightly damp cotton swab. Tape stains did not penetrate into the gelatin layer and it was an effective method. These are all the case studies using gellan gum and agarose. Gels were made without adjusting pH or conductivity.

Now, I will mention about gels with solvents. This is a case study of a watercolor on paper. The treatment was conducted in 2016 when I had little knowledge about gels. So, I had some advice from overseas conservators. It is one of Dr. Richard Wolber's solvent gel. Gel was made by mixing Carbopol® 934; a polyacrylic derivative that is a thickener and a surfactant; Ethomeen® C25, mixed with ethyl acetate and acetone (1:1). This time ethyl acetate and acetone (1:1) was selected but other polar solvent can be used in the mixture. The gel is not rigid like agarose or gellan gum and has viscosity.

These are adhesive stains on verso, quite dark in color. The stains penetrated to the front. Removal was attempted from verso. Non woven polyester was placed on the stain as a barrier and then gel was applied and covered. The solvent was contained in the gel and did not become volatile immediately, and so the contact time with stains could be maintained. The procedure was as follows; first removing the adhesive as much as possible with gel, then removed the gel residue with ethanol water mixture. Followed by using suction and solvents to remove the remaining stains. Only the areas without watercolor were treated as suction was used to wash off residues. Bleaching was done partially from the front.

This is another work on paper. Again there were

を使用すると、サクシオンを使用する時間がかなり短縮される。また溶剤の使用量もサクシオンだけで処置した場合や、溶剤を湿らせた吸い取り紙やフラー土のような粘土を使ったときよりも減らすことができた。

以上のように、現段階で私の場合は、ゲルを付着物や接着剤の除去に使用するケースがほとんどで、クリーニング、洗浄に使用した事例をご紹介できないのだが、現在ゲルによる写真のクリーニングの実験を行っており、ここで簡単にご報告する。

こちらについては、今年の文化財保存修復学会にて、東京都写真美術館の山口先生と共同でポスター発表「アガロースゲルを利用した写真（鶏卵紙）への処置」をした。鶏卵紙は薄い紙の支持体に銀画像を含む卵白（アルブミン）のバインダー層を持つ写真である。劣化としては退色の他、亀裂が見られることが多くある。亀裂は、バインダー層と支持体の紙が湿度の変化で同じように伸縮しないために起こると考えられている。支持体が薄いため、通常は紙の台紙に貼り付けられている。水を使用したクリーニングでは、処置後の乾燥時に亀裂がさらに広がったり、亀裂の間に汚れが入り込んでしまう恐れがある。台紙と共に洗浄すれば鶏卵紙がはがれたり、台紙の汚れを吸ってしまったたり、乾燥時に変形の原因にもなる。この例のように、手彩色されたものもある。

以上の理由から、鶏卵紙と台紙はドライクリーニングしか行われないことがほとんどだった。今回、実験に使ったゲルはアガロースである。最初に小さなゲルで鶏卵紙の表面のpHと導電率を計測した。それを元にして、pHと導電率を調整した9種類の溶液でゲルを作り、ゲルを30分間、表面に密着させてクリーニングの効果を検証した。pHと導電率を調整することによって、水分による表面の膨張や拡散作用、浸透圧をコントロールし、汚れの吸着を効果的に行うことができる。

結果は、顕微鏡下で鶏卵紙の亀裂にも変化が見られず、亀裂に入り込んだ汚れの除去が確認できた。密着させたゲルを乾燥させ、目視でそれぞれの色をコントロールと比較して判断したところ、pHと導電率が高いほど洗浄力は向上した(Figure 8)。今回のポスター発表後、アガー、アガロース、ジェランガムの鶏卵紙とゼラチンシルバープリントに対しての影響を調べるため、写真に対する影響度試験を東京都写真美術館で行った。コロイド銀フィルム、鶏卵紙、ゼラチンシルバープリントにそれぞれ4%ゲルを密着させた後、ゲルを取り除き恒温恒湿器に入れた。強制劣化の前と後の反射及び透過濃度を測定し、濃度差を算出したところ、アガー、アガロース、ジェランガムの3種類のゲルは銀に対してもバインダー層のアルブミン、ゼラチンに対しても影響が許容範囲内である

stains caused by adhesive. Same treatment procedure was applied. To remove stains like this, usually poultice or suction are used, but by using the new gel method, we can shorten the time of using suction. The amount of solvent used with gel compared to the amount used with suction or poultice is significantly less.

So far, I have used gels mostly to remove deposits and adhesives and I am not able to introduce case studies on its use for cleaning. However, we are currently experimenting using gels on cleaning photographs so I'd like to talk about it briefly.

This year at the Conference of The Japan Society for the Conservation of Cultural Property, we presented a poster titled "Use of Agarose gel on cleaning albumen prints" a collaborative research with Ms. YAMAGUCHI from Tokyo Photographic Art Museum. Albumen prints are photographs on thin paper support with an albumen layer which contains silver particles as image materials. Deterioration can be characterized by fading and cracks in the binder layer. Cracks are said to occur by having different expansion and contraction degrees between the binder layer and the support under fluctuating humidity. Prints are very thin and therefore usually mounted onto paper board. Aqueous treatment can cause cracks to expand during drying and dirt may go into cracks and stain the binder and support. If it is washed with the board, a print can delaminate and board can absorb dirt, also causes deformation during drying. Sometimes the prints are hand colored as well.

Therefore, with albumen prints, normally dry cleaning is conducted. Agarose was used for the experiment. We first measured the pH and conductivity of the print using gel pellets. Based upon the readings, we made solvents with different pH and conductivity and used them to make 9 different gels. The gels were then placed on the print and cleaning effect was evaluated. By adjusting pH and conductivity, swelling and diffusion on the surface by water as well as osmotic pressure are controlled, enabling the absorption of dirt effectively.

The result. Under microscope, we did not see any change in the cracks of albumen prints and we were able to confirm removal of dirt, trapped in the cracks. When we dried the gels, and compared them with control by naked eye, we concluded that gels with higher pH and conductivity had enhanced cleaning capability (Figure 8). After the poster presentation, we conducted tests to see the effect of agar, agarose and gellan gum on photographic materials at Tokyo

という結果が出た。

以上の事例から、水分に敏感なメディウムや支持体を持つ作品に対してのゲルの使用のメリットとしては、以下が挙げられる。

- 個々の処置に適したゲルを作成することができる。
- 部分的な処置が可能である。例えば、台紙付き鶏卵紙の場合は、鶏卵紙と台紙に対して違うゲルを使うことができる。
- 処置の際のメディウムや支持体への影響を抑えられ、物理的なクリーニングによるメディウムや支持体への負担を防ぐ。
- 汚れや付着物を表面から作品の中に浸透させずに除去できる。
- ゲルが有機溶剤を保持できるため、残留した接着剤や染みに対して揮発や染みの広がりを抑えながら除去することができ、有機溶剤の使用を減らすことができる。

最後に、これから文化財保存に関わる私たちも、サステナビリティを意識して仕事をしていかなければなりません。環境問題にも目を向けなければなりません。ゲルを上手に使うことによって、環境にも私たち人間にも優しい新しい処置方法を、ぜひ皆さん広めていただければと思います。

Photographic Art Museum. After 4% gels were in contact with colloidal silver film, albumen print, gelatin silver print, they were placed in the temperature and humidity controlled chamber. Reflection and transmission densities were measured before and after accelerated aging. The result showed that effects of agar, agarose and gellan gum to silver and binder materials were within the acceptable range.

To conclude from these case studies, following are the advantages of using gels on water sensitive medium and support.

- Gels can be made to match individual treatment.
- Gels can be used in sections. For example different gels can be used for albumen print and its mount.
- Gels can minimize the impact on medium and support during treatment and can prevent physical damage due to mechanical cleaning.
- Gels can remove dirt and deposits from surface without penetration.
- Gels can contain solvents, therefore can remove adhesives and stains suppressing quick volatilization and spreading and as a result, reduce the amount of solvent used during treatment.

Lastly, we ourselves who are involved in conserving and preserving Cultural properties should think about sustainability through our work. We have to be conscious of environmental issues. So, by using gels in a skillful way, I hope that we will come up with new treatment ideas which are both friendly to our environment and to ourselves. Thank you very much for your kind attention.

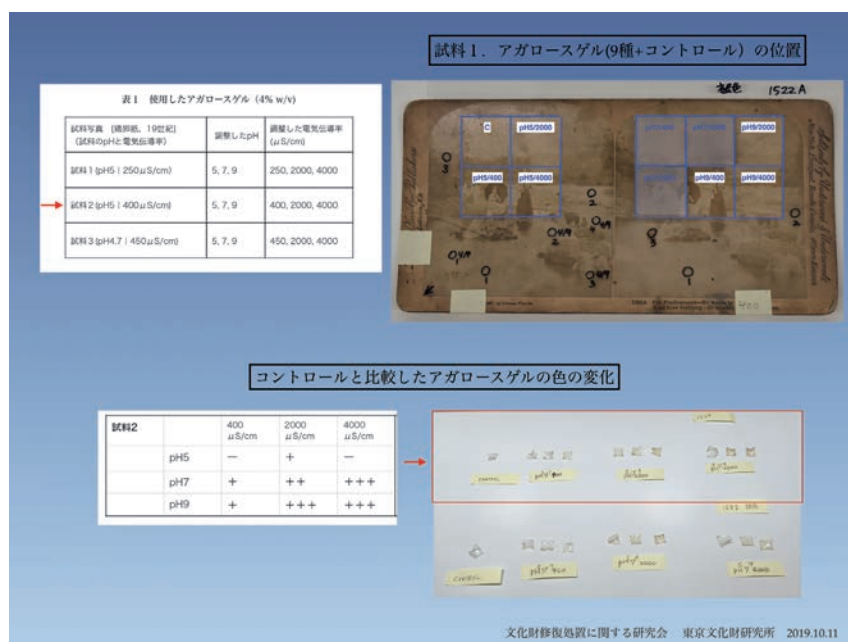


Figure 8

西洋絵画におけるクリーニング方法発展の歴史的背景

Historical Background of Cleaning Methods Developed for Western Paintings

鳥海 秀実 / TORIUMI Hidemi

東京文化財研究所 保存科学研究センター / Center for Conservation Science

東京文化財研究所、保存科学研究センターの鳥海です。本発表では、西洋絵画のクリーニングの手法が科学的、論理的な発展を遂げ広く定着した歴史的背景を概観し¹⁾、現在の欧米におけるクリーニング技術に関するクレモネージ氏の発表の導入としてお話をさせていただきます。

1. 西洋絵画におけるクリーニングの歴史概略

数百年前の西洋では、絵画のクリーニングはジャガイモ、ニンニク、パン等台所で容易に手に入るような材料を画面にこすりつけるなどして行われていたと言われる。その後、溶媒が用いられるようになるが、1800年代には強いアルカリ性である苛性ソーダ caustic soda によって画面が蝕まれる事例が見られるなど問題も生じている²⁾。また1800年代後半は、ドイツ人化学者のペッテンコファーがワニスを再生させる方法、ペッテンコファー法を発明した。アルコールの蒸気やコパイバ・バルサム³⁾の塗布によりワニスを除去せずに再生させる方法であり、ワニスを除去することなく画面が見やすくなるということで、広く行われたが、現在はオリジナルの絵具にダメージを与えることが分かって行われていない。これはクリーニングの方法ではないが、作品の鑑賞性を改善しようとした試みの一つとして紹介する。

おおよそ1980年代以降、化粧品産業などの工業技術から新たに開発された材料を取り入れ、これまでワニスの除去に主に溶媒を用いていた絵画の洗浄技術に新たな展開が見られるようになる。それは過去の経験的な手法から抜け出して、除去するものを科学的に認識し、オリジナルの物質に悪影響を与えず除去すべき物質だけに作用する、コントロールのしやすい材料と方法の追求する動きに伴うものである³⁾。これはまた、化学物質の人体および環境への負荷を低減しようとする、今日の世界的な動向にも対応している⁴⁾。

西洋の古典絵画の構造の特徴として、最表面にワニスがある。画面を保護し全体の光沢を均一に整えるなどの役割があるが、天然樹脂から成るワニスは経年で黄褐色に変化するため、これを除去して新たにワニスを塗布するというサイクルが伝統的な油彩画にはある。ワニスの

My name is TORIUMI Hidemi, and I work at the Center for Conservation Science at the Tokyo National Research Institute for Cultural Properties. I will provide an overview of the historical background of how the cleaning methods for Western paintings have been developed theoretically and scientifically, and widely followed by conservators¹⁾. This will be an introduction for the presentation on the current cleaning technology in Western countries by Dr. CREMONESI.

1. Brief overview of the history of cleaning Western paintings

Hundreds of years ago, in Europe, paintings were cleaned by rubbing the surface with items available in the pantry, such as potatoes, garlic, and bread. Solvents were introduced later, and in the 1800s, we sometimes find paintings damaged as a result of cleaning with a strong alkaline solvent, caustic soda²⁾. In the second half of the 1800s, Max von Pettenkofer, a German chemist, invented a method to reactivate the varnish, which was called the Pettenkofer method. Using alcoholic vapor and copaiba balsam, the treatment recovered the visibility of the painted image without removing varnish. This method gained popularity, but now it is no longer used because we know that this method may damage the original material of the artwork. This is not a cleaning method, but an effort to enhance the image in the painting.

Since the 1980s, new cleaning materials that were developed by industrial technology, including materials from the cosmetics industry, have been introduced. It revolutionized the cleaning methods for conservation, which had primarily used solvents to remove varnish. They took more of a scientific approach rather than an empirical one, chemically recognizing the material to be removed, and seeking a controllable material and method that affects only the material to be removed and not the original material³⁾. This is very much in line with the global trend of reducing chemical impacts on people and the environment⁴⁾.

One of the characteristics of traditional oil painting

除去が安全に行われれば問題はないはずだが、画家が制作の最後の仕上げにワニスの成分に近い材料で筆を入れていた部分が、クリーニングの際に一緒に除去されたり、褐色化したワニスの下に隠れていた損傷や加筆などが露わになり、それに対する処置が課題となるなどの問題が生じることがある (Figure 1)。

2. 洗浄論争

西洋絵画のクリーニングに関しては、長年にわたって論争が繰り返し行われ、後世に大きな影響を与えている。と

in Europe is that there is a layer of varnish on the top of the painting. It protects and evens out the gloss on the entire surface. However as time passes, a component of varnish, natural resin, deteriorates and its color turns yellow-brown. Therefore, there was a traditional cycle for these paintings, in which old varnish was removed and new varnish was applied. If the varnish was able to be removed in a safe manner, there was no problem. However, artists may have used materials very close to components of varnish in the finishing stage. Upon cleaning, that part may be removed, or

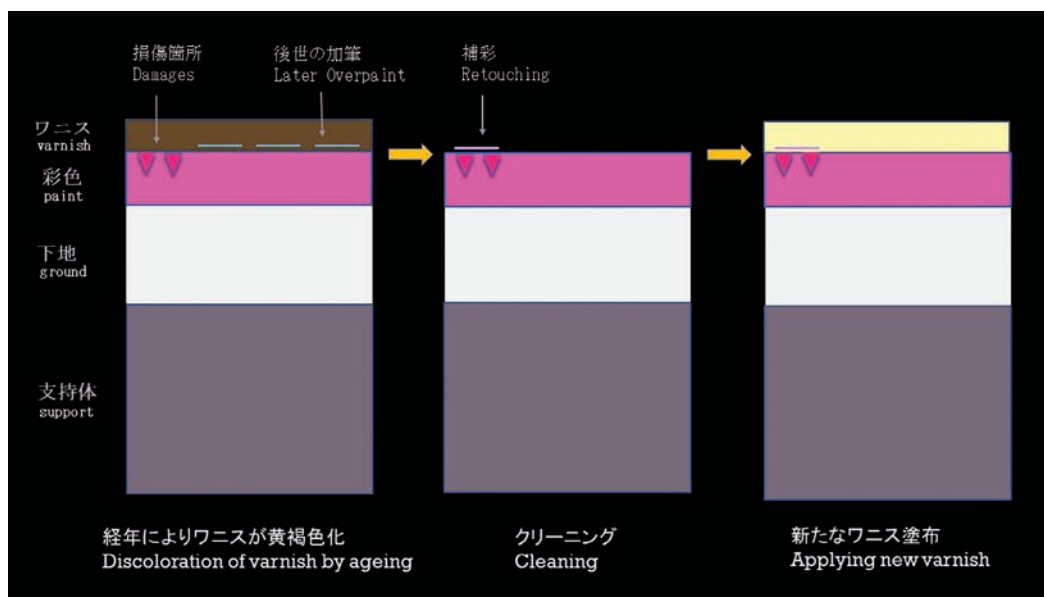


Figure 1: 絵画の断面の概念図、クリーニングで後世の加筆を除去し、損傷箇所に補彩を行い、新たなワニスを塗布した場合
Diagram of a cross-section of the painting, removing the overpaint from a later period by cleaning, retouching damaged areas, and applying new varnish.



Figure 2: ティツィアーノ・ヴェチェリオ、《バッカスとアリアドネ》、ロンドン・ナショナル・ギャラリー、1967年撮影、修復前のクリーニング・テスト
Tiziano Vecellio, "Bacchus and Ariadne," The National Gallery London, Cleaning test before restoration, in 1967 [photo © The National Gallery, London/ distributed by AMF - DNPartcom, source: 7) plate 4 in p.30]



Figure 3: ティツィアーノ・ヴェチェリオ、《バッカスとアリアドネ》、ロンドン・ナショナル・ギャラリー、修復後
Tiziano Vecellio, "Bacchus and Ariadne," The National Gallery London, after restoration [photo © The National Gallery, London/ distributed by AMF - DNPartcom, source: 7) plate 5 in p.30]

りわけ、ロンドンのナショナル・ギャラリーを舞台に展開された洗浄論争は最もよく知られる。ギャラリーの創設以来、作品の修復を手がけてきたウィリアム・セーガー William Seguir は、所蔵作品にギャラリー・ワニスと呼ばれる、マスチック樹脂と亜麻仁油から成るワニスを塗布しており、その褐色化したワニスの古色のような趣が好まれた時代があった。しかし、その後新しく保管官に就任したチャールズ・イーストレキ Charles Eastlake R.A. の方針によって、一連の絵画のクリーニングが始まる。ティツィアーノ作《バックスとアリアドネ》などが受けたクリーニングに対して、モーリス・ムア Morris Moore がタイムズ紙 *The Times* へ送った投書が契機となり 1846 年から論争が始まった。彼は「表層ははがされ、描き直され、その処置は野蛮な行為だ」（1846 年 11 月 19 日付のタイムズ紙に掲載された 2 通目の手紙より）と述べている^{5) 6)}。

Figure 2 は、ティツィアーノの「バックスとアリアドネ」の 1967 年に行われた修復前のクリーニング・テストの写真、Figure 3 は修復後の写真である。1967 年という年代は、洗浄論争より時代が下がるため、1800 年代半ばに行われたクリーニング前後の作品の様子については推測する他ないが、これらの写真の出典であるアーサー・ルーカス Arthur Lucas とジョイス・プレスターズ Joyce Plesters による 1978 年の論文には、作品が経た歴史から顔料や絵画技法の分析まで、詳細な報告がなされている⁷⁾。

Figure 4 は、1967 年のクリーニングが完了し、補彩を行う前のモノクロ写真である。この作品は、過去に木枠からキャンバスが外され巻かれて輸送されたことが数



Figure 4: ティツィアーノ・ヴェチェリオ、《バックスとアリアドネ》、ロンドン・ナショナル・ギャラリー、クリーニング後/補彩前
Tiziano Vecellio, "Bacchus and Ariadne," The National Gallery London, after cleaning / before retouching [photo © The National Gallery, London/ distributed by AMF – DNPpartcom, source: 7) plate 6 in p.35]

perhaps reveal old damages or retouches hidden under the dark varnish. When these cases happen, new issue emerges (Figure 1).

2. Cleaning controversies

As far as the cleaning of Western paintings is concerned, discussions were carried out repeatedly and had considerable influence in the past. In particular, the cleaning controversy at the National Gallery in London is the most well-known. When the gallery was inaugurated, William Seguir was handling the restoration of the collections, and used to apply a so-called Gallery Varnish made of mastic resin and linseed oil. The color of his varnish was dark brown, like the patina of old paintings, which was in accord with the nostalgic tastes of that period. However, the next conservator of the gallery, Charles Eastlake, adopted a different policy and began to clean a series of paintings. In 1846, Morris Moore sent a letter to *The Times* protesting the cleaning of Titian's "Bacchus and Ariadne," and the controversy began. He wrote, "The picture has been scraped raw in some parts and repainted in others....The former process especially, has the effect of altering the apparent position of some of the objects. This ought to be the end of a series of barbarisms" (from the second letter that appeared in *The Times*, November 19, 1846)^{5) 6)}.

Figure 2 is a picture with initial cleaning tests in 1967. Figure 3 shows the painting after cleaning and restoration. The date of 1967 is much later than the controversy of the 1800s, and we can only guess the condition before and after the cleaning executed in the earlier era. However, the article by Arthur Lucas and Joyce Plesters in 1978, from which Photos 1, 2, and 3 were cited, offers a detailed analysis of the pigments, painting technique, and the historical background of this artwork⁷⁾.

Figure 4 is a monochrome photograph of the painting in 1967 after cleaning and before retouching. It was removed from its wooden frame, the canvas was rolled, and the painting was transported for a few times in its history. Consequently, there are areas where the paint was flaking off in vertical lines from the stress of being rolled⁷⁾. The cleaning in the 1800s might have revealed these damage, and subsequently the painting might have been retouched and varnished.

At the National Gallery in London, another set of controversies began during the mid-1900s. It was a debate held by *Burlington Magazine* among the experts from the Nation-

回あり、縦方向にみられる絵具の剥落はおそらくそれが原因である⁷⁾。1800年代のクリーニングの際にもこれらの損傷が表出し、補彩とワニスを施す処置が行われたものと考えられる。

ロンドン・ナショナル・ギャラリーでは、1900年代半ばに論争が再発する。1947年に開催された展覧会「洗浄された絵画 Cleaned Pictures」を受けて、バーリントン・マガジン *Burlington Magazine* 誌上でローマ中央修復研究所とロンドン・ナショナル・ギャラリーの専門家たち間で論争が交わされた。チェーザレ・ブランディの『修復の理論』 *Cesare Brandi, Teoria del restauro*、補遺に収められている5章「パティナ、ワニスおよびヴェラトゥーラに関連する絵画の洗浄」は1947年7月、実際にバーリントン・マガジンに掲載されたものであり、6章「ワニスとグレースに関する事実に基づく考察」は1950年にローマ中央修復研究所の紀要に発表されている。油彩画はワニスと類似した成分で最後の仕上げがされていることがある。たとえば、ジョヴァンニ・ベッリーニ二作の《聖テレンティウス》(《聖母の戴冠》裾絵部分)では、階段

al Gallery and the Istituto Centrale per il Restauro in Rome after the exhibition “Cleaned Pictures” in 1947. In the Japanese translation of Cesare Brandi’s *Theory of Restoration*, two related articles with illustrations can be found: Chapter 5 in the Appendix, “The Cleaning of Pictures in Relation to Patina, Varnish and Glazes,” which appeared in *Burlington Magazine* in July 1947, and Chapter 6 in the Appendix, “Some Factual Observations about Vanishes and Glazes,” published in the *Bollettino dell’Istituto Centrale del Restauro* in 1950. In certain cases, the final touches were performed using materials very similar to varnish. For example, in the painting by Giovanni Bellini, “Saint Terentius” (part of the predella of the Pala di Pesaro, “Coronation of the Virgin,” Civic Museums of Pesaro), metal cramps connecting the stair stones were painted with a material similar to its varnish. Therefore, these parts might have been removed together with the varnish if careless cleaning had been carried out (Figure 5)⁸⁾. Brandi’s attention to the delicate finish of oil painting was based on his meticulous observation and research on paint-



Figure 5: ジョヴァンニ・ベッリーニ、《聖母の戴冠》裾絵部分、聖テレンティウス（修復後）、ペーザロ、市立美術館
Giovanni Bellini, Saint Terentius (part of the predella of Pala di Pesaro, “Coronation of the Virgin”), after restoration
[su gentile concessione di: photo © Comune di Pesaro, Servizio Relazioni di governance e politiche culturali]

の石をつなぐ金属の鍔部分がワニスに似た材質で描かれているため、不注意にクリーニングを行うとワニスと一緒に絵の一部も除去されてしまう恐れがあった (Figure 5)⁸⁾。このような繊細な仕上げがあることを、ブランディは作品の観察と歴史的文献における記述を根拠として説明している。

同様の論争はイギリスだけでなく他の国でも起きている。アメリカのイエール大学美術館では、考古学的純粋主義 Archaeological Purism と呼ばれたように、徹底的なクリーニングを行った後、補彩を一切しない方針で修復処置が行われていた時代が 1900 年代半ばにあった⁹⁾。当時の修復例として、Figure 6 と 7 は 2003 年にイエール大学にて行われた研究会議「イタリア・初期ルネサンス絵画：保存のアプローチ Early Italian Paintings: Approaches to Conservation」所収の論文に掲載されている⁹⁾。研究会議の参加者たちは、イエール大学美術館の収蔵庫内で、かつてクリーニングが行われ画面が摩滅した作品を見学し、展示では、過去に受けた処置に対してどのように対応したかを示す今の時代の修復事例を見ることができた。これは、コレクションの問題を公開し、外部からの意見と議論を求める試みだった。

3. 洗浄論争後の研究の発展

このように欧米では、クリーニングはいかにして行うべきか国境を越えてオープンに議論し、オリジナルの作

ing materials and techniques from historical literature.

Controversies took place not only in the UK but also in other countries. In the mid-1900s, the Yale University Art Gallery had a conservation policy to clean paintings thoroughly and not to do any retouching, which was called Archeological Purism⁹⁾. Figure 6 and 7 are the paintings restored in this period shown in an article from the proceedings of the conference, “Early Italian Paintings: Approaches to Conservation” held at the Yale University Art Gallery in 2003⁹⁾. The participants could visit the storage room, where they viewed the harshly cleaned paintings. They could also see examples of the current conservation intervention in the exhibition room, which showed the ways in which they handled the paintings that received past cleaning interventions. This was an effort on the part of the University to disclose the history of the collection, to share their opinions and ideas with the external community on the matter.

3. Development of research after cleaning controversies

Western countries have an ongoing cross-border open discussion about the ways in which cleaning should be executed. Experts in the history of art, conservation, and science all come together for the joint purpose of exploring traditional materials and techniques that compose original



Figure 6: ジョヴァンニ・ベッリーニ、《聖母子》、イエール大学美術館
Giovanni Bellini, “Virgin and Child,” Yale University Art Gallery [photo © Yale University Art Gallery]



Figure 7: フラ・フィリッポ・リッピ、《キリスト磔刑》、イエール大学美術館
Fra Filippo Lippi, “The Crucifixion,” Yale University Art Gallery [photo © Yale University Art Gallery]

品を構成する伝統的な材料や技法の研究、クリーニングと修復の処置を行う際の倫理、そしてクリーニングの技術を改善するための科学研究が、美術史家、保存修復専門家、そして科学者などの専門家の共同作業によって、総合的に進められてきた。1985年、ゲリィ・ヘドリュィ Gerry Hedley はクリーニング方法を次のように分類しつつ、「いずれの方法によっても作品をオリジナルの状態に戻すことはできず、制作者の意思、現在の作品と経過した時間とをつなぐ新しい関係を構築しなければならない。」と述べている¹⁰⁾。つまり、クリーニングは不可逆の行為であって人間の思考がそれに作用している、と言えるであろう。

1. Complete cleaning 完全な洗浄

オリジナルの絵具層の上にあるものをすべて除去する（前述のように、ロンドン・ナショナル・ギャラリーやイェール大学でかつて行われた方法にあたる。）

2. Partial cleaning 部分的な洗浄

ワニスの層の厚さを低減する

3. Selective cleaning 選択的な洗浄

画面のバランスを考えて洗浄を行う

また、ヘドリュィは、主に油彩画を溶媒でクリーニングする際の問題点を以下のようにまとめている¹¹⁾。

- i 有機溶媒の有毒性
- ii 溶解しない加筆層の除去
- iii 絵具の膨張や成分の滲出などによる、長期にわたる未知の影響

artworks, studying ethics for cleaning and conservation treatment, and conducting scientific research to improve cleaning technology. In 1985, Gerry Hedley categorized the cleaning methods as below, and wrote, “We cannot return to the original intention, and so must construct a new relationship between the artist’s original intention, the present work, and the passage of time¹⁰⁾.” In other words, cleaning is an irreversible process that is always decided by the thought of human beings.

1. Complete cleaning

Remove all the substances covering the original paint (This methodology was adopted at the National Gallery of London as well as at the Yale University Art Gallery during the above-mentioned period.)

2. Partial cleaning

Reduce the thickness of layer of varnish.

3. Selective cleaning

Cleaning that takes into consideration the balance of the painting.

According to Hedley, the problems for cleaning oil paintings with organic solvents are classified into the following four groups¹¹⁾:

- i The toxicity of the solvents;
- ii The removal of hard insoluble layers of overpaint;
- iii The unknown long-term effects of leaching and swelling the paint;

年代 Date of issue	タイトル Title of publication
1997	彩色作品のクリーニングに用いる材料と方法 <i>Materiali e metodi per la pulitura di opere policrome</i>
2002	彩色作品のクリーニングにおける酵素の使用 <i>L'uso degli enzimi nella pulitura di opere policrome</i>
2003	彩色作品のクリーニングにおける界面活性剤とキレート剤の使用 <i>L'uso di tensioattivi e chelanti nella pulitura di opere policrome</i>
2004	彩色作品のクリーニングにおける有機溶剤の使用 <i>L'uso dei solventi organici nella pulitura di opere policrome</i>
2011	彩色作品のクリーニングにおける水環境 <i>L'ambiente acquoso per la pulitura di opere policrome</i>
2016	可動絵画のクリーニングへのアプローチ <i>Un approccio alla pulitura dei dipinti mobili</i>
2016	シリコン系材料の特性と美術品修復への適用例 <i>Proprietà ed esempi di utilizzo di materiali silicici nel restauro di manufatti artistici</i>
2017	繊細な画面をクリーニングするための新たな方法： 制御下での液剤適用とマイクロアスピレーションの同時作業 <i>An innovative approach to the cleaning of sensitive painted surfaces: simultaneous combination of controlled liquid-dispensing and micro-aspiration</i>
2019	美術品を処置するための硬質ゲル <i>Gel rigidi polisaccaridici per il trattamento di manufatti artistici</i>

Table 1: バオロ・クレモネージ氏が監修するシリーズ本
The series of books supervised by Dr. CREMONESI (Il Prato Publishing House srl)

- iv 何よりも、洗浄工程のコントロールに関わる問題。
時間、コントロールの欠如、特定性の欠如(以下省略)

このようなクリーニングの課題を研究する専門家の一人としてクレモネージ氏は、酵素、界面活性剤、キレート剤、有機溶媒、水溶液によるクリーニング、シリコン系材料などをテーマとしたシリーズ本を監修しており、これらの書は、実際の修復現場で広く活用されている (Table 1)。

これらに加えて、水系洗浄法とゲルを用いたクリーニングを美術作品や文化財に適用したりチャード・ウォルバース氏 Richard Wolbers の著書、*Cleaning Painted Surfaces, Aqueous Methods* (Archetype Publications, 2000) もまた重要な文献の一つとして紹介したい。また、Table 2 に 1990 年代以降に行われた絵画洗浄に関する主要な研究会議をまとめた¹²⁾。

4. 近年クリーニングが行われた作品例

Table 2 の中で、2002 年にイタリアで行われた会議はクレモネージ氏が企画し、報告書は氏の編集により出版されている。私は当時フィレンツェの国立修復研究所 Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro で研修をしており、携わっていた修復作品のクリーニングの事例のポスター発表に、担当の修復士ロベルト・ベッルッチ氏とその他の研修生と連名で参加した¹³⁾。

Figure 8 は、対象作品《ロザーノの十字架上のキリスト》の修復前の写真である。これは 1100 年代に制作された年代の古い板絵だが、オリジナルのワニスはまだ全面に残る希少な例であった。これをクリーニングするかどうかの議論が行われ、最終的に「オリジナルのワニスを薄くして、鑑賞性を高める処置を行う」という方針が打ち出された。今日、「段階的なクリーニング」は通常

- iv But above all, the problem of controlling the process of cleaning. Time, lack of control, lack of specificity, and what was diplomatically called “imprecision,” were cited. In the words of one respondent, “There just isn’t sufficient control in the process....”

One of the experts who has been confronting these problems of cleaning, Dr. Paolo Cremonesi, has published a series of books on cleaning with various cleaning agents such as enzymes, surfactants, chelating agents, organic solvents, and silicone materials. These are all very practical publications targeting people in conservation field (Table 1).

In addition, I would like to mention another important publication concerning cleaning, *Cleaning Painted Surfaces: Aqueous Methods* by Richard Wolbers, who adapted the aqueous approach and gel cleaning to artworks. Table 2 lists the major conferences on cleaning that have been held since the 1990s¹²⁾.

4. Examples of paintings cleaned in recent years

The conference in Italy in 2002 in Table 2 and its proceedings were coordinated by Dr. Cremonesi. I was a trainee at the Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro at that time, which was a national institution for restoration in Florence, and I had the opportunity to participate in a poster presentation for cleaning examples with the conservator in charge, Mr. Roberto Bellucci, and other colleagues¹³⁾.

The painting that we were cleaning was “Crucifix of the Monastery of Rosano,” and Figure 8 is the painting before restoration. It was an ancient panel painting created in the 1100s, a very rare example whereby the original varnish

年代 / Year	研究会議名称 / Name of Conference	開催地 / Location
1990	Dirt and Pictures Separated	Tate Gallery, London / UK
1990	Cleaning, Retouching and Coatings	IIC Congress, Brussels / Belgium
2002	Colore e Conservazione, materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili	Cesmar 7, Piazzola sul Brenta / Italy
2003	Surface Cleaning - Materials and Methods	Verband der Restauratoren (VDR - German Restorers Association), Dusseldorf / Germany
2010	New Insights into the Cleaning of Paintings, Proceedings from the Cleaning 2010	Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute / Spain
2015	Dall'olio all'acrilico, dall'impressionismo	Cesmar 7, Politecnico di Milano / Italy
2016	Gels on the Conservation of Art	International Academic Projects (IAP), London / UK

Table 2: 絵画洗浄に関する主な研究会議
Major conferences on cleaning paintings

行われる手法だが、画面の上にある層を上から順に、物質の違いに従って段階的に除去していくクリーニング方法である。本作品では、以下の手順でクリーニング作業を進めた。(1) 界面活性剤を含む水溶液で表面の汚れを除去、(2) 有機溶媒で後世のワニス除去、(3) 油性エマルジョンでオリジナルのワニスの厚さを薄くする¹⁴⁾。

フランス語では、クリーニングで除去する物質や目的の違いによって、クリーニングの段階を呼び分ける表現がある。デクラッサージュ *décrassage* は最表面に付着する埃などの洗浄を指し、デヴェルニサーージュ *dévernissage* はワニス層の除去を指す。英語の *surface cleaning* は、フランス語の *décrassage* に当たる意味合いになる。

西洋世界でクリーニングの方法が一定のレベルで確立されたことを示すと私が考えている出来事が、近年、次々と行われている著名なレオナルド・ダ・ヴィンチ作品のクリーニングである。2010-2011年に修復されたルーヴル美術館所蔵の《聖アンナと聖母子》(パリ)と、2011-2017年に修復されたウフィツィ美術館所蔵の《東方三博士の礼拝》(フィレンツェ)は、いずれも2000年代初めにクリーニング・テストや調査が実施されながら、実際の修復は見送られ、今回あらためて修復が行われた。両作品とも、審美的な側面だけでなく支持体へ

was left on the entire surface. There was a discussion as to whether or not this painting should be cleaned. Ultimately, they decided to improve the viewing experience by thinning the varnish layer. Gradual, staged, or phased cleaning is now the norm. It is a cleaning method for removing layer by layer or stage by stage from the surface according to the materials of each layer. For the cleaning of this painting, we had a three-step procedure: (1) remove the dirt from the surface with an aqueous solution and a surfactant, (2) remove the later varnish layer with organic solvents, and (3) reduce the thickness of original varnish layer with an oil emulsion¹⁴⁾.

The French language has expressions that actually describe the different phases of cleaning, according to the materials to be removed and the purpose of the action. “Décrassage” relates to taking the grime away from the top surface. And “dévernissage” relates to removal of the varnish layer. “Surface cleaning” in English is equivalent to “décrassage.”

In recent years, several famous works by Leonardo da Vinci were restored. This illustrates that a certain level of cleaning methodology has been established in Western countries. Both “Virgin and Child with Saint Anne” in the Louvre Museum in Paris, restored in 2010–2011, and “Adoration of the Magi” in Uffizi Museum in Florence, restored



Figure 8: 《ロザーノの十字架上のキリスト》、ロザーノ修道院 (フィレンツェ近郊)、修復前
“Crucifix of the Monastery of Rosano,” Monastery of Rosano (near Florence), before restoration [su gentile concessione di: photo © Ministero per i Beni e le Attività culturali-Opificio delle Pietre Dure di Firenze-Archivio dei Restauri e Fotografico, Abbazia di S. Maria di Rosano]



Figure 9: レオナルド・ダ・ヴィンチ、《聖アンナと聖母子》、ルーヴル美術館、修復前
Leonardo da Vinci, “Virgin and Child with Saint Anne,” Louvre Museum, before restoration (photo © RMN-Grand Palais (musée du Louvre) / René-Gabriel Ojéda / distributed by AMF)

の処置も含めた根本的な処置が行われたが、ここではクリーニングに関する内容に留め、修復報告の文献から得られた情報を記す。

Figure 9 は《聖アンナと聖母子》の修復前、Figure 10 が修復後の写真である。フランス内外の専門家から成る国際委員会が立ち上げられ、修復が行われた。クリーニングに反対する声も上がったが、修復の前と後の写真を比較すると、作品の色彩や空間、細部の表現などが見やすくなったことが分かる。修復前の細部の写真をいくつか紹介する。Figure 11 は、1991-1992年に足の部分に行われた洗浄のテストであり、このときは修復の実施には至らなかった。聖アンナの口元は、過去の補彩の跡がまだらになって見えていた (Figure 12)¹⁵⁾。

《東方三博士の礼拝》は、制作途中の作品であると言われる。未完成であることから、どのレベルまでクリーニングを行えばレオナルド・ダ・ヴィンチが筆を置いた段階になるのか分からず、2001年に計画された修復は行われなかった。けれども、作品の保存状態を鑑み、その後発展を遂げた調査技術・修復技術を用いてクリーニングが行なわれることになった (Figures 13、14)。文献によると、主な修復歴と近代以降の調査歴は表3の通りである¹⁶⁾。数世紀にわたりワニスが何度も塗り重ね

in 2011-2017, were finally cleaned, though they had implemented cleaning tests in the early 2000s and had not actually carried out the restoration at that time. Two paintings had undergone a thorough restoration process, including treatments for wooden supports, but here I am going to mainly mention the cleaning from the published reports.

Figure 9 shows “Virgin and Child with Saint Anne” before the restoration, and Figure 10 shows it after the restoration. The international committee was made up of experts from France and other countries for this restoration project. There had been opinions against cleaning, but as a result of the treatment, now we can appreciate the color, depth of the space, and expression of the details. I am going to introduce some photographs that show the details before the restoration. Figure 11 shows a cleaning test in 1991-1992 on the foot of the Madonna, but they did not proceed to further restoration. Figure 12 shows the mouth of the Saint Anne. Discolored patches of the old retouches are scattered all over¹⁵⁾.

The next example is “Adoration of the Magi.” It is said that da Vinci stopped working and did not finish the painting. Since the work itself was incomplete, they were not sure



Figure 10: レオナルド・ダ・ヴィンチ、《聖アンナと聖母子》、ルーヴル美術館、修復後
Leonardo da Vinci, “Virgin and Child with Saint Anne,” Louvre Museum, after restoration [photo © RMN-Grand Palais (musée du Louvre) / René-Gabriel Ojéda / distributed by AMF]



Figure 11: 1991-1992年に足部分に行われた洗浄テスト
Cleaning test on the foot of the Virgin Mary in 1991-1992
[photo © C2RMF / Joël Requilé, source: 15) P.383]



Figure 12: 聖アンナの口もと部分、修復前
Mouth of the Saint Anne, before restoration
[photo © C2RMF / Joël Requilé, source: 15) P.386]

られ、その厚いワニスが乾燥収縮によって下の絵具層を引っ張ることで、絵具層の剥離を促進する悪影響が考えられたことが、今回のクリーニングが行われた主な理由である¹⁷⁾。

以上、少数ではあるがこれらのクリーニングの事例から、なぜクリーニングを行うのか考えてみたい。修復は人間の活動であり、クリーニングを行う理由は、展覧会で展示する機会、美術館が改修工事をする休館の間など人間の都合が作用することが現実にはある。作品の保存を一番に優先する場合には、これらの著名な作品例のクリーニングの事例から考えると、その理由は大きく次の2つになる。すなわち、第一に作品の保存状態に悪影響を与える物質を取り除くこと、そして第二に、判読性・鑑賞性を向上させ、作品がもつ本来の価値を回復することである。

to what extent cleaning should be carried out, therefore they did not actually restore the painting, which was planned for 2001. However, considering the condition of this panel painting, they decided to conduct cleaning using the current advanced technology of analysis and conservation (Figures 13 and 14). Some historical restorations on this painting, which we can determine from the available documents, are shown in Table 3¹⁶⁾. The varnish was applied multiple times over the centuries; therefore, the thick varnish layer dried and contracted, then pulled up the original paint underneath. This was believed to cause the flaking off of the paint layer, which was the main reason for the cleaning of this time¹⁷⁾.

These are very limited examples, but from these works, I am trying to clarify why cleaning is carried out. Restoration is done by people, so cleaning may be executed for practical reasons in the activities of human beings—for instance, cleaning before exhibitions, or during museum

主な修復歴 Previous restorations	1724	ブルーノ・マンジャカーニ / Bruno Mangiacani
	1794	カルロ・マーニ / Carlo Magni
	1914	ファブリツィオ・ルカリーニ → ワニスの再生: ペッテンコファー法 Fabrizio Lucarini → reactivating the varnish: the Pettenkofer method
近代以降の調査 Investigations in the modern era	1954	ピエロ・サンパオレージ / Piero Sanpaolesi
	1977	ルイザ・ベケルッチ / Luisa Becherucci
	1992	ウンベルト・バルディーニ / Umberto Baldini

Table 3: レオナルド・ダ・ヴィンチの《東方三博士の礼拝》に行われた過去の修復と調査
Restorations and investigations executed for "Adoration of the Magi" by Leonardo da Vinci [source: 16)]



Figure 13: レオナルド・ダ・ヴィンチ、《東方三博士の礼拝》、ウフィツィ美術館、修復前
Leonardo da Vinci, "Adoration of the Magi," Uffizi Museum, before restoration [su gentile concessione di: photo © Ministero per i Beni e le Attività culturali-Opificio delle Pietre Dure di Firenze-Archivio dei Restauri e Fotografico, Gallerie degli Uffizi]



Figure 14: レオナルド・ダ・ヴィンチ、《東方三博士の礼拝》、ウフィツィ美術館、修復後
Leonardo da Vinci, "Adoration of the Magi," Uffizi Museum, after restoration [su gentile concessione di: photo © Ministero per i Beni e le Attività culturali-Opificio delle Pietre Dure di Firenze-Archivio dei Restauri e Fotografico, Gallerie degli Uffizi]

5. アクリル画のクリーニングへの展開

西洋絵画のクリーニング技術の発展の流れとして、1980年代以降、絵画のクリーニングの科学的な考え方やシステマチックな手法が確立し、伝統的な古典絵画のクリーニング（ワニス層があり、油絵具などによる加筆がある）に十分な経験が積み、その展開として天然樹脂のワニス層の除去に限らない、彩色面全般への理論の適用、アクリル画のクリーニングへの取り組みが開始された。例として、2006年テート・モダン Tate Modern にて研究会議 “Modern Paints Uncovered” が、2009年ゲティ保存研究所にて “Cleaning of Acrylic Painted Surfaces: Research into Practice” が行われ、後者については CAPS workshop が欧米諸国内で毎年開催されている。2014-2021年には、5つの組織から成るコンソーシアム Modern Oils Research Consortium (Courtauld Institute of Art, Cultural Heritage Agency of the Netherlands, Getty Conservation Institute, Hamilton Kerr Institute, Tate) による活動が行われている。

日本とヨーロッパでは油彩画の歴史は明らかに異なる。しかし、1950年代から登場したりキテックス Liquitex などのアクリル絵具は、日本も含め、世界的にほぼ同時期に取り入れられていった画材であり、今後、アクリル画の劣化が地球規模で進んでゆく可能性がある。アクリル絵具は新しい画材であるがために、今後の経年による劣化は未知の部分もあり、クリーニング等の処置には油彩画以上に細心の注意を要する¹⁸⁾。日本の場合、地方に数多く建てられた美術館は近代のコレクションをもつ場合が多く、その収蔵品の中でアクリル画が占める割合は少なくない。修復方法にガイドラインなどもないため、アクリル画の取り扱いについては懸念されるどころであり、西洋世界と同様にアクリル画の保存に関する調査・研究が必要な時期に入っていると考えられる。

closures such as building repair work. However, for the artworks' own sake, there are two major reasons for cleaning: to remove materials that could negatively affect the preservation of the work and improve the appreciation and legibility of the artwork, and try to retrieve the intrinsic value of that work.

5. Progress in the cleaning of acrylic paintings

After the 1980s, with the development of cleaning technology for Western paintings, they established the scientific theory and systematic methodology for cleaning, and accumulated sufficient experience with traditional classical paintings (which have varnish layers and overpaint of oil paint). Therefore, they began to apply a cleaning philosophy that sees not only the removal of old varnishes made of natural resin, but also the cleaning of other painted surfaces in general. New initiatives are now being introduced for the cleaning of acrylic paintings. For example, in 2006, a conference called “Modern Paints Uncovered” was held at Tate Modern. In 2009, a colloquium called “Cleaning of Acrylic Painted Surfaces (CAPS): Research into Practice” was carried out at the Getty Conservation Institute. Since then, CAPS workshops have been held every year in Europe and the United States. The most recent one is the Modern Oils Research Consortium from 2014 through 2021, established by five organizations: the Courtauld Institute of Art, the Cultural Heritage Agency of the Netherlands, the Getty Conservation Institute, the Hamilton Kerr Institute, and the Tate.

The history of oil painting is obviously different between Japan and Europe. However, acrylic paints such as Liquitex were invented in the 1950s, and they were introduced almost in the same period throughout the world, including Japan, which means that degradation will probably occur on a global basis. Acrylic paint is a relatively new painting material. Since the conservation status regarding the aging and degradation of acrylic paints is unknown, cleanings and other interventions for acrylic paintings will probably require even greater and careful attention than oil paintings¹⁸⁾. In the case of Japan, there are many modern works that are held by museums in various local regions, and the percentage of acrylic paintings in these collections is believed to be large. However, there are no guidelines for the restoration of these acrylic paintings, and their preservation is a concern. I believe that there is a need for research on conservation of acrylic paintings in our country as well.

参考文献／References

- 1) 1980年代以降の欧米における絵画洗浄方法の発展（鳥海秀実）『文化財保存修復学会第40回大会研究発表要旨集』pp.280-281（2018）
- 2) Considerations of the cleaning of paintings, Konrad Laudénbacher, *New Insights into the Cleaning of Paintings: Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference*, Universidad Politecnica de Valencia and Museum Conservation Institute, Smithsonian Contributions to Museum Conservation, pp.7-10 (2013)
- 3) A survey of the conservation literature relating to the development of aqueous gel cleaning on painted and varnished surfaces, Narayan Khandekar, *Reviews in Conservation*, no.1, pp.10-20, (2000)
- 4) Gels, green chemistry, gurus and guides, Richard Wolbers, *Gels in the Conservation of Art, Archetype*, pp.3-8 (2017)
- 5) 絵画修復論争に関する一考察 — ロンドンナショナルギャラリー 1846-53 —（井口智子）『文化財保存修復学会誌』41 pp.101-110（1997）
- 6) Some picture cleaning controversies: Past and present, Sheldon Keck, *Journal of the American Institute for Conservation*, no.2, vol.23, pp.73-87 (1984)
- 7) Titian's 'Bacchus and Ariadne', Arthur Lucas, Joyce Plesters, *National Gallery Bulletin*, vol.2, pp.25-47 (1978)
- 8) チェーザレ・ブランディ、小佐野重利監訳、池上英洋・大竹秀実訳『修復の理論』、三元社（2005）
- 9) Recent solutions to problems presented by the Yale Collection, Patricia Sherwin Garland, *Early Italian Paintings: Approaches to Conservation*, Yale University Art Gallery, pp.54-70 (2003)
- 10) On humanism, aesthetics and the cleaning of paintings, Gerry Hedley, Reprint of a two lecture series presented February 26 and March 5, 1985 at the Canadian Conservation Institute during his year of research at the Institute, CCI Ottawa, 1985; in *Measured Opinions*, UKIC, pp.152-66 (1993)
- 11) Recent developments in cleaning, Gerry Hedley, *Measured Opinions*, UKIC, 1993, pp.135-136.
- 12) Paolo Cremonesi, Erminio Signorini, *Un approccio alla pulitura dei dipinti mobili, collana i Talenti 29, il prato*, p.9 (2016)
- 13) La pulitura di una Croce dipinta del sec.XII, Roberto Bellucci, Nao Ikeda, Hidemi Otake, Helen Spande, *Colore e Conservazione, materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobile*, p.89 (2002)
- 14) a cura di Marco Ciatti, Cecilia Frosinini, Roberto Bellucci, *La croce dipinta dell'Abbazia di Rosano. Visibile e invisibile. Studio e restauro* (2007)
- 15) *Restaurer la Sainte Anne*, Pierre Curie, Cinzia Pasquali, *La Sainte Anne, L'ultime chef-d'œuvre de Leonard de Vince*, pp.381-408 (2003)
- 16) L'Adorazione dei Magi di Leonardo da Vinci. Il restauro di un dipinto non finito, Roberto Bellucci, Ciro Castelli, Marco Ciatti, Cecilia Frosinini, Patrizia Riitano, Andre a Santacesaria, *Il cosmo magico di Leonardo, L'Adorazione dei Magi restaurata*, Gallerie degli Uffizi, Giunti, pp.34-73 (2017)
- 17) a cura di Marco Ciatti e Cecilia Frosinini, *Il restauro dell'Adorazione dei Magi di Leonardo, La riscoperta di un capolavoro*, Edifir (2018)
- 18) Conservation concerns for acrylic emulsion paints, Elizabeth Jablonski, Tom Learner, James Hayes, Mark Golden, *Reviews in Conservation* no.4, pp.3-11 (2003)

欧米諸国におけるクリーニング方法 – 事例に基づく概要 –

Cleaning Methods in Western Countries – an overview through case studies –

パオロ・クレモネージ / Paolo CREMONESI

文化遺産保存化学者：アムステルダム大学及びリュブリャナ大学客員講師

Cultural Heritage Chemist : Visiting Lecturer at University of Amsterdam / University of Ljubljana

ご親切な招待を頂き研究会の主催者の方々に感謝申し上げます。発表の場を頂き、光栄に存じます。

1. 材料とオリジナル性

発表を始めるにあたり、一般的にクリーニングと呼ばれる処置方法について共有したい考え方がある。クリーニングには、オリジナル部分の発見などの大きな期待を寄せられることが今でも多く、それは正しいアプローチなのだろうかとしばしば考えさせられる。芸術作品の制作時から、修復のためにわれわれのもとに来るまで、時を超えた様々な段階をたどってみたい。

われわれは、芸術家が作品を描く最初の段階を実際に見てみたいと思う。なぜなら、それは作家の情熱、インスピレーション、意図を込めた魔法のときだからである。芸術家は具体的な材料を選び、それが作品を構成するオリジナルの材料となる (Figures 1, 2)。したがって、これらを一番に尊重する必要がある。

しかしながら、時は経過し材料は経年劣化を始める (Figure 3)。ウィリアム・ホガースによる銅版画 “Time Smoking a Picture” は、擬人化された時間が絵画に煙を吹きかけており、時間が絵画に経年劣化を起こすことを示している。材料は、経年により変質する。厳密に言えば、もはやそれは作家による元来の意図を反映しない。オリジナルの材料そして構成材料は、もはや

I would like to thank the organizers for this kind invitation. It is an honor for me to be here.

1. Material and Originality

At the beginning of my presentation, I would like to share some thoughts about the procedure we generally describe as cleaning, because I think that our expectations for recovering original materials from these procedures are too high, and I often wonder if this is a legitimate approach. Let me guide you through the different stages, from the creation of the work of art and its aging, until the time the work of art comes into our hands for restoration.

We wish we could be present during the very first stage when artists create their work because it is a magical time of passion, inspiration, and commitment. The artist selects his or her specific original materials, which eventually become constitutive materials (Figures 1, 2). They deserve the greatest respect because of this.

Unfortunately, time passes and materials start aging (Figure 3). The engraving by Hogarth, “Time Smoking a Picture,” depicts the effect of time on paintings. Materials start aging and are modified. Strictly speaking, they no longer reflect the original intention of the artist. The original materials and the constitutive materials are no longer the same



Figure 1



Figure 2

当時と同じではない (Figure 4)。しかし、オリジナルの材料という意味を失ったとしても、これらは今も作品を構成する材料であり、最も尊重されるべきである。

修復や維持管理などの理由から、作品のイメージに変化をきたす介入が行われると、新たな材料が作家以外の手によって付加される。ときには、保存修復処置によって除去されてしまう物質もある (Figure 5)。これらの新たに付加された物質もまた時を経て、経年劣化をした追加材料 (後補材料) となる。すると、材料の区別が実に困難となる。

後補材料は、見た目ではオリジナルとの識別が可能なこともあるかもしれない。しかしながら、実際に絵画が修復のためわれわれのもとにやってくる時には、おそらくそのようなことには全くなならない。後補材料を、オリジナル材料から分離することは不可能であろう。たとえ違いが目に見えたとしても、それらは結合してしまっているかもしれない。現在の修復技術や材料を駆使しても、選択的な手法でこれらの物質を分離することができない可能性がある (Figures 6, 7)。

このように考えると、構成材料、オリジナル材料、後補材料について議論するのではなく、修復する絵画と対

(Figure 4)。These materials may have lost their connotation of the original materials, but they are still constitutive materials; therefore, they still deserve the greatest respect.

Then, new materials are added by other hands through several interventions to modify the image during restoration. Some materials may have been removed by conservation treatments (Figure 5). These new added materials also age in time, and then become *aged* added materials. It is now difficult to differentiate between them.

Added materials may even be visually different from the original materials. However, when the painting comes into our hands for restoration, the story may be quite different. We may not be able to separate the added materials from the original materials. Even if they are visually perceptible, they might have interacted with each other. In addition, with the technologies and the materials currently available, we may not be able to selectively separate them (Figures 6, 7).

Based on these considerations, rather than talking about constitutive materials or originally added material, we should simply say that when the painting comes into our hands for restoration, there exist materials. They all

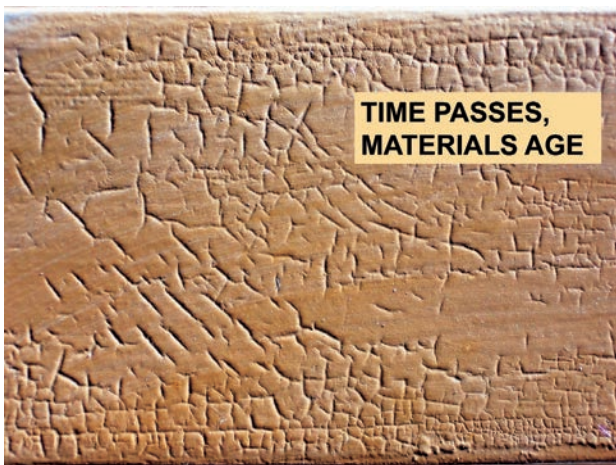


Figure 3

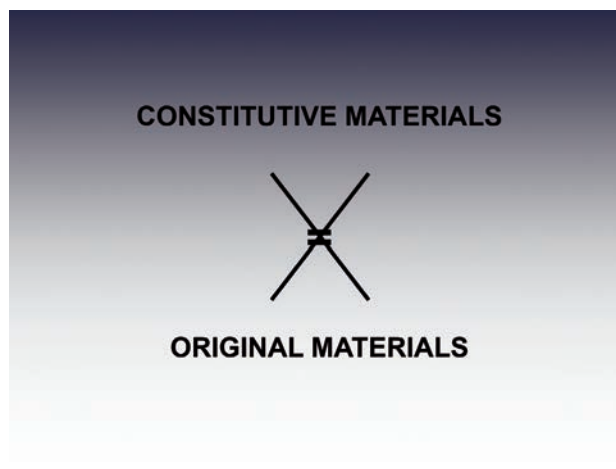


Figure 4



Figure 5

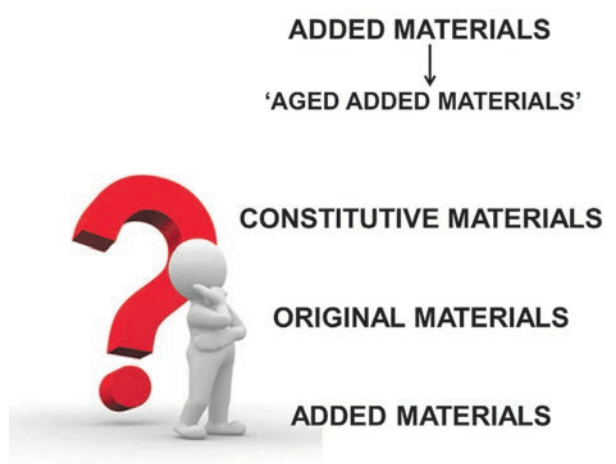


Figure 6

峙するときには、そこに構成材料が存在していると単に言うべきであろう。なぜなら、もし仮に材料の違いが識別できなくても、選択的な修復処置が行えなくても、作品を構成する材料はすべて同様に尊重されるべきだからである。もしかすると、より選択性の高い新しい材料が開発されるまで、介入処置は未来に先送りする方が望ましいかもしれない。

以上が私の個人的見解であることは十分に認識するところで、全面的な賛同が得られるとは考えていない。このような考え方が、何らかの刺激になることを願うだけである。

あるヨーロッパの美術館が所蔵する重要な絵画の例を挙げる。1920年代に描かれた油絵で、第二次世界大戦中に甚大な損傷を受け1950年代に修復された。オリジナルの絵具は油性であり、加筆も油を媒剤として行われている。

当時、報道機関は、この作品と加筆除去を目的とした修復に大きな関心を寄せていた。保存修復専門家^{コンサーヴァター}は、様々な方法のテストを行い、オリジナルの絵具に影響を与えることなく加筆を安全に除去することは不可能という結論に達した。けれども、報道機関などからの圧力を気に



Figure 7

deserve the same type of respect if we are not able to differentiate between them, or if we are not able to act selectively on some of them. Perhaps the intervention should be postponed to the future when new materials are available—hopefully with improved selectivity.

I am fully aware that these are my own opinions, and I do not expect everybody to agree with me. I simply hope that these thoughts will stimulate some reflections.

Here is an example of important painting in a certain museum in Europe. It is an oil painting from the 1920s, heavily damaged during World War II, and it was restored in the 1950s. The original paint is oil-bound, and the re-touched overpainting is in oil as well.

There has been a great deal of attention from the media on this painting, and restoration aims to remove the overpaint. After testing several methods, the conservator concluded that the overpaint could not be removed in a safe way without affecting the original paint. However, because of the pressure from the media, the museum director said we should continue. I was called in for consultation. After comprehensive-testing with several types of materials for

RESTORATION

“Combine continuous doubting with the desire of finding alternatives, of simplifying, of minimizing”

Erasmus Weddigen

“Let us stop and reflect. Let us reconsider the intervention, let us reconsider our expectations”

Wishwa Raj Mehra

Figure 8

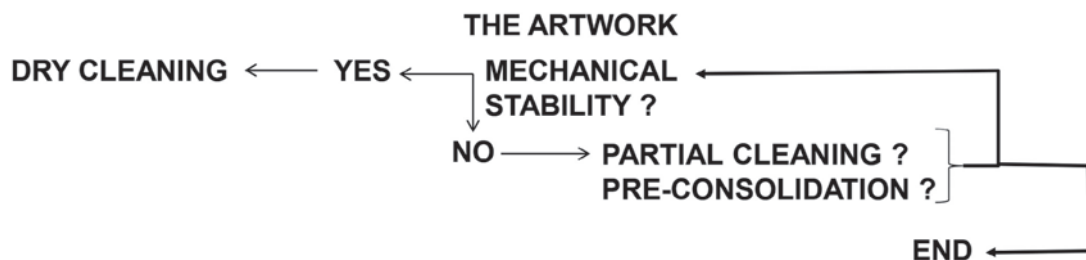


Figure 9

かけた美術館館長は、除去を行うべきだとしたため、私がコンサルタントとして呼ばれた。2日間にわたり、様々な種類の材料を用いて重点的にテストを行った結果、最終的に作品が勝利を収めた。

結論として、選択的に加筆のみを除去することはできず、異なる戦略が取られた。すなわち材料を加えることであり、こちらの戦略の方が安全な場合がある。慎重に媒剤と顔料を選んで、加筆の上を補彩する。加筆を無理に除去しようとするよりも、補彩を行う方がより安全な方法だと考える。

2. 修復へのアプローチ

はじめに、私にとっていわば師匠のような二人の重要人物を紹介する (Figure 8)。ミニマム・インターベンション minimum intervention の父、ウィシュワ・ラジ・メーラ Wishwa Raj Mehra と、ベルンの保存修復学校の創立者、エラスムス・ヴェディングン Erasmus Weddigen である。私は彼らの考え方に全面的に賛成で、これまでの介入処置を考え直し最小化したいと考えている。

私が絵画もしくは他の芸術作品のクリーニングを開始するときのアプローチ方法について述べる。表面にドライクリーニング dry cleaning に耐える物理的安定性がある場合には、まずドライクリーニングを行う。物理的安定性が十分でない場合は、部分的なクリーニングを考えるか、もしくは予備的な補強 preliminary consolidation の手段を取ることができるかもしれない。ただし予備的な補強を行うと、クリーニングがより難しくなる可能性がある (Figure 9)。

フランス及びオランダの科学者と専門家から成るチームにより、ドライクリーニングに関する研究は大きく進展した。ドライクリーニングは今、様々な方法で行うことができる。単純に埃を払うことからマイクロアスピレーションに至るまで多様な手法があり、消しゴム、ス

SURFACE CLEANING. 1. DUSTING, MICRO-ASPIRATION



Figure 10

two days, the winner was the painting.

The conclusion was that selective removal of the overpaint was impossible, and a different strategy was adopted. Sometimes, it is safest to add materials with a careful choice of the media and pigments for retouching the overpaints. Compared to forcing ourselves to remove these overpaints, it is a safer approach.

2. Approach to Restoration

I will first introduce two important people who are rather like gurus to me: Vishwa Raj Mehra, the father of minimal intervention, and Erasmus Weddigen, the founder of the conservation school in Bern (Figure 8). I must say that I agree very much with their concept. Let us reconsider our intervention and try to minimize intervention.

I am going to present you with the approach I try to follow when I start cleaning a painting or another work of art. If the surface has sufficient mechanical stability that can stand dry cleaning, then we will do that. However, if its mechanical stability is not sufficient, we may think about partial cleaning or some sort of preliminary consolidation, although we know that preliminary consolidation might make cleaning even more difficult (Figure 9).

Thanks to a team of scientists and conservators from France and the Netherlands, this topic has been studied extensively. Dry cleaning can be performed today with a variety of methods, from simple dusting to micro-aspiration, and with various tools such as erasers, sponges, and cloths (Figures 10, 11).

Dry cleaning should be considered as the first level in the entire procedure. Evaluating the result, if the dry cleaning is sufficient, we stop at this point. Otherwise, we may go on to wet cleaning (Figure 12).

SURFACE CLEANING. 2. 'DRY CLEANING'

ERASERS, SPONGES, CLOTHS



Figure 11

ポンジ、布などの道具を選ぶことができる (Figures 10, 11)。

ただし、これはクリーニング全体の最初のステップと考えなければならない。ドライクリーニングの結果を評価し、それが十分だった場合は処置はこの段階で終了する。そうでなければ処置を更に進め、湿式クリーニング wet cleaning も必要となるかもしれない (Figure 12)。

湿式クリーニングを行うには、表面を調べる必要がある。すなわち、クリーニング溶液を調製するために不可欠ないくつかのパラメーターを表面で計測する。紫外線蛍光反応を確認し、接触角、pH、導電率を測る。アガロースゲルを表面に置いて pH を測り、導電率を測る方法が、絵画のクリーニングにおいて定着しつつある。これらのパラメーターをもとに、クリーニングを行うための水溶液の構成を決める (Figures 13, 14)。

クリーニングの水溶液が適切なパラメーターをもつためには、処置する表面に対して適切な pH でなければならない。後ほど、適切に緩衝させた pH について詳しく説明する。処置を行う間、pH は安定した状態に維持したい。導電率も適切でなければならず、アジュバントと呼ばれる補助的な材料を必要とするかもしれない。

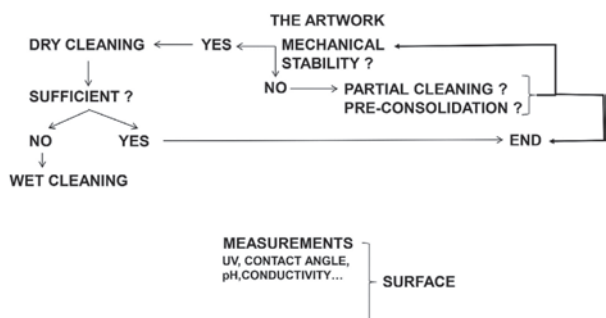


Figure 12

For wet cleaning, we need to investigate the surface. We need to obtain some parameters from the surface to prepare our cleaning solution. We perform measurements such as the contact angle, pH, and conductivity, and check the fluorescence under UV light. It is becoming very common in the cleaning of paintings to measure the pH and conductivity from an agarose gel applied on the surface. From these parameters, we can determine the composition of the aqueous cleaning solution (Figures 13, 14).

For a specific surface, the parameters for the aqueous cleaning medium should have the proper pH, and shortly, I will be more precise on what “proper buffered pH” means. We want to keep the pH stable during the intervention. We need proper conductivity, and we might need auxiliary materials that are often referred to as adjuvants.

If the surface of the painting is acidic, our cleaning solution should have a pH that is not higher than the surface because we want to minimize swelling. Conversely, if the surface has an alkaline pH, the pH of the solution should not be lower. This is a way to minimize ionization and swelling. Our aqueous cleaning solution should have a conductivity

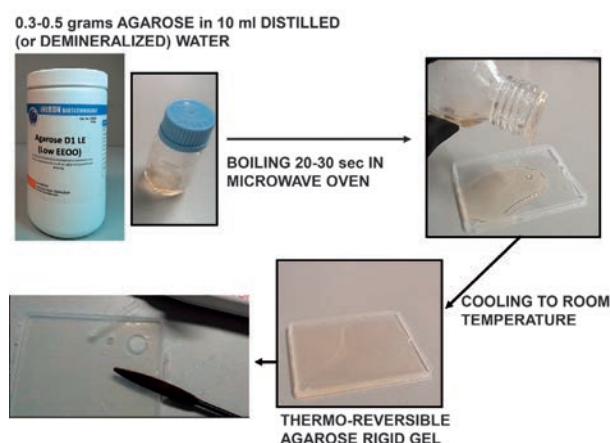


Figure 13

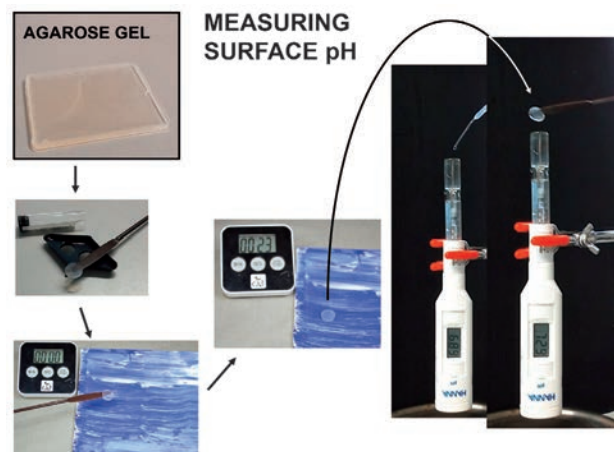


Figure 14

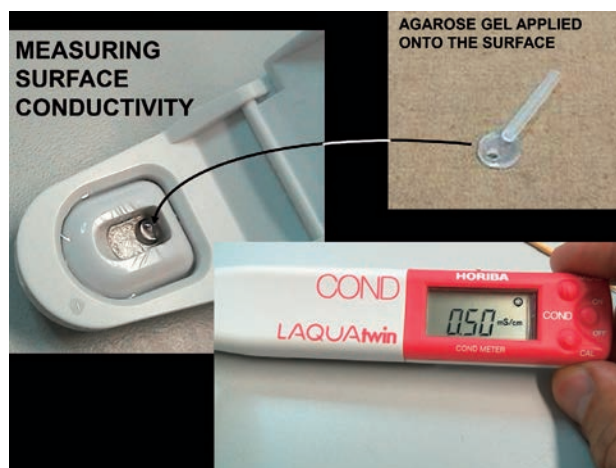


Figure 15

絵画の表面が酸性の場合、絵具の膨潤をできるだけ防ぐため、クリーニング溶液はその表面よりも高い pH であってはならない。逆に表面が塩基性である場合には、クリーニング溶液は、その表面よりも pH が低くあってはならない。そうすることで、イオン化と膨潤を最小限に抑えることができる。クリーニング溶液の導電率もまた、絵具層の膨潤をできるだけ避けるために、表面の導電率より低い値であってはならない (Figure 15)。

これはアクリル画のクリーニングのために開発された重要な情報であり、今ではこれらの情報を、伝統的な絵画やその他の水に敏感なあらゆる彩色面に広く適用している。イオン濃度に基づき、イオンの少ない低張性の溶液、あるいはイオンが多く含まれる高張性の溶液、あるいは処置する表面に近いイオン濃度をもつ等張性の溶液を用意することができる (Figures 16-20)。

これらの溶液を表面に使用したとき、水の動き方は全く異なる。低張性の場合、絵具層の中に水を送り込み膨張させる恐れがある。高張性の場合には、水が表面から出ていってしまう。この水分の移動が激しくなければ問題は無いが、程度があまり強いと表面に亀裂が入る可能性がある。おそらく穏やかな環境は等張性で作業する

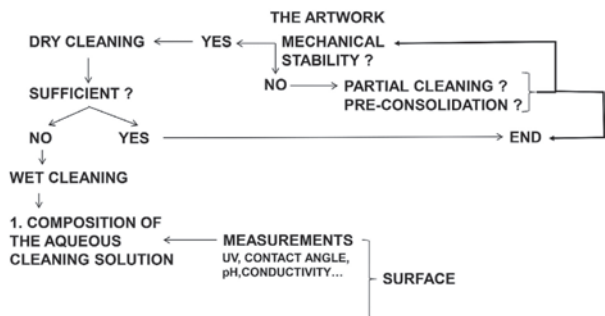


Figure 16

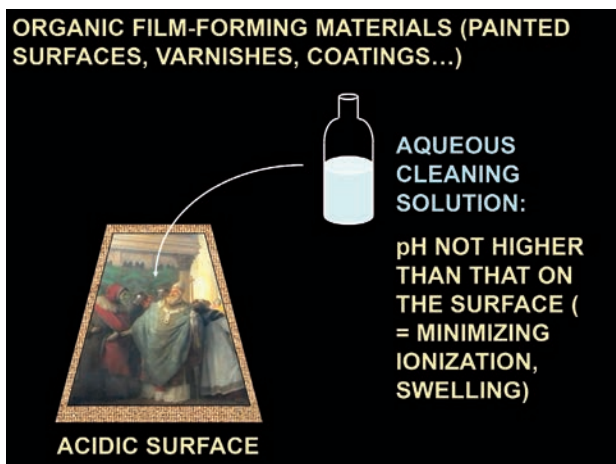


Figure 18

that is not lower than the surface, again, to minimize swelling of the paint layer (Figure 15).

This is an important piece of information that was developed for the cleaning of acrylic paintings, and we make use of this information for traditional paint and for all surfaces that are sensitive to water. Based on the ion concentration, we know that we can have a hypotonic solution with fewer ions, a hypertonic solution with more ions, or a solution that is similar to the substrate, which we call an isotonic solution (Figures 16-20).

When we put these solutions on a painted surface, we have very different movements of water. The hypotonic solution will send the water into the substrate and may swell it, whereas the hypertonic solution will move water out of the surface. If this movement is not too strong, it is fine. Otherwise, it could open cracks on the surface. The milder condition probably works under isotonic conditions, where water can move in and out in a gentle way without too much pressure on the artwork (Figures 21, 22).

I will show you an example of treating fragments of old newspaper, immersed in water with different con-

THE CONDITIONS OF THE AQUEOUS CLEANING MEDIUM

'PROPER' pH FOR THE SPECIFIC SURFACE

BUFURED pH

'PROPER' CONDUCTIVITY

AUXILIARY MATERIALS, 'ADJUVANTS'

Figure 17

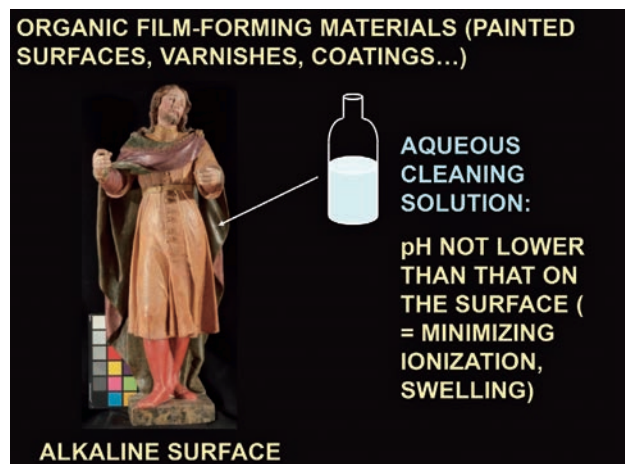


Figure 19

ことで得られ、水分は作品に圧力をかけることなく緩慢に入出力できる (Figures 21, 22)。

試験的に、古い新聞の紙片を異なる濃度の水溶液に浸した。1時間経過後、高張性の溶液が、紙から変色物質をより多く取り出せたことが明らかに分かる (Figures 23-25)。

表面に疎水性の汚れがある場合は、簡易な測定で接触角を測る (Figure 26)。疎水性の汚れの場合、接触角は非常に大きくなると考えられ、表面をクリーニングする



Figure 20

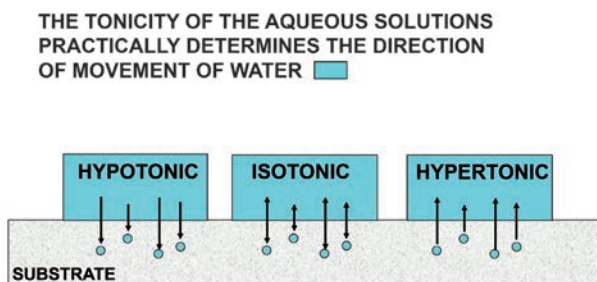


Figure 22

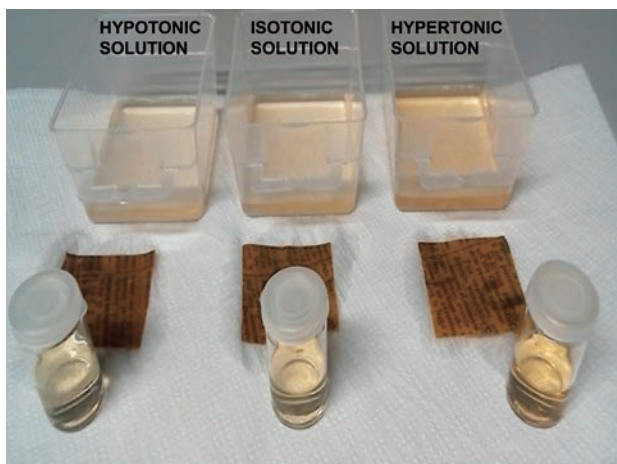


Figure 24

centrations of the solution (Figures 23-25). After an hour of immersion, you can clearly see that the hypertonic solution extracted discolored material from the paper the most.

In the case of hydrophobic soil on the surface, we may perform a simple measurement of the contact angle (Figure 26). For hydrophobic soil, we may find a very large contact angle, and we probably need surfactants for cleaning the surface. Here is an example of a typical ionic surfactant that was used a few years ago (Figure 27).

'TONICITY' OF AQUEOUS SOLUTIONS

IN RELATION TO ION CONCENTRATION, AN AQUEOUS SOLUTION CAN BE (vs. THE PAPER):

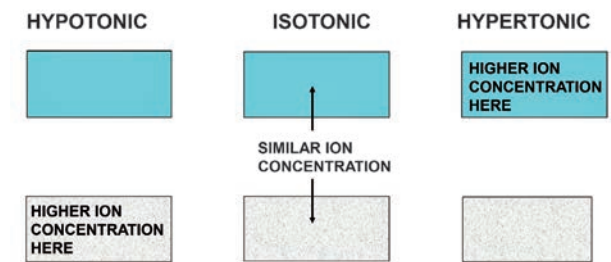


Figure 21

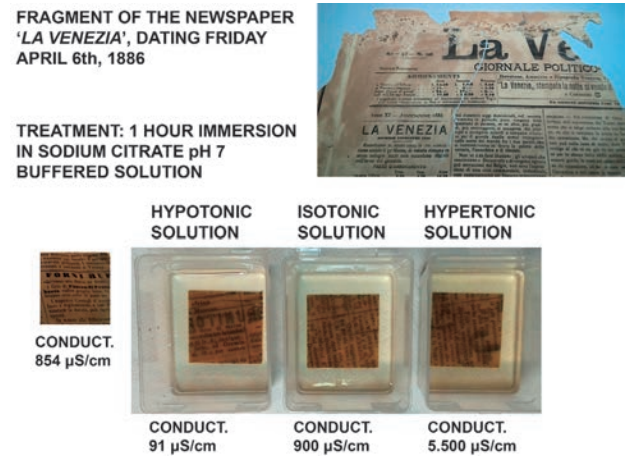


Figure 23

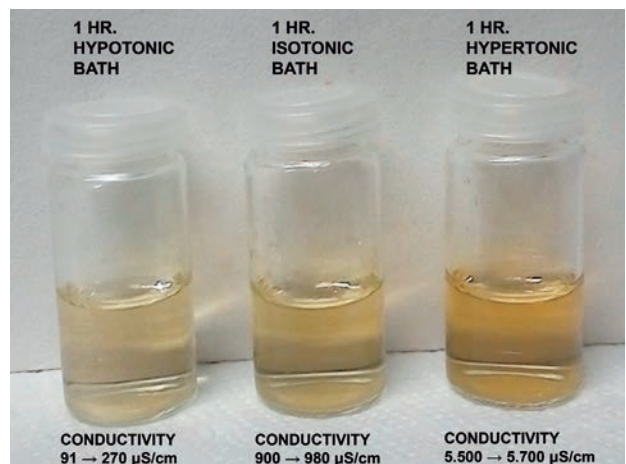


Figure 25

ために界面活性剤が必要となる。数年前に典型的なイオン性の界面活性剤を用いた事例を挙げる (Figure 27)。

これは、ヴェネツィアのサン・ザッカリア聖堂にある絵画の大きな額縁である (Figure 28)。金箔の表面を、人工唾液を用いてクリーニングを行った。

汚れ物質の接触角が小さい場合は、その材質が親水性を持っていることを意味し、キレート剤が有効に働くであろう (Figure 29)。これは、キレート剤を用いてクリーニングを行った例である (Figure 30)。

われわれは表面を精査するが、作品の構造も考慮しなければならない。そして、それぞれの作品の表面にとって水が安全に使用できる一番安全な方法を考案しなければならない。これは様々なテスト方法を駆使する、とてもダイナミックな段階である (Figure 31)。

3. 水溶液によるクリーニング

3-1. 水をそのまま使用

クリーニングの新しい方法が次々と考え出され、手段は益々充実してきている。水はそのまま使用してテストすることができ、最も簡単な方法であるが、表面下に大量の水が拡散することが想定される。



Figure 26

This is another example of a big gilded frame of a painting in the cathedral of San Zaccaria in Venice. The surface cleaning was done with synthetic saliva (Figure 28).

If we have a low-contact angle on the soiling material, it means that the material is hydrophilic, and chelators may work better in cleaning (Figure 29). Here is an example of this type of cleaning (Figure 30).

We test the surface, but we also want to consider the structure of the artwork. Then, we must devise the safest method for applying water to a specific surface. It is a very dynamic phase because it involves testing in various ways (Figure 31).

3. Cleaning with an Aqueous Solution

3-1. In a Free Form

New ways are constantly being devised, and our toolbox becomes richer and richer with time. We can test the water in a free form. It is the easiest way, but we know this will probably cause a great deal of diffusion of the water under the surface.

Here is the cross-section of a painting. We might



Figure 27

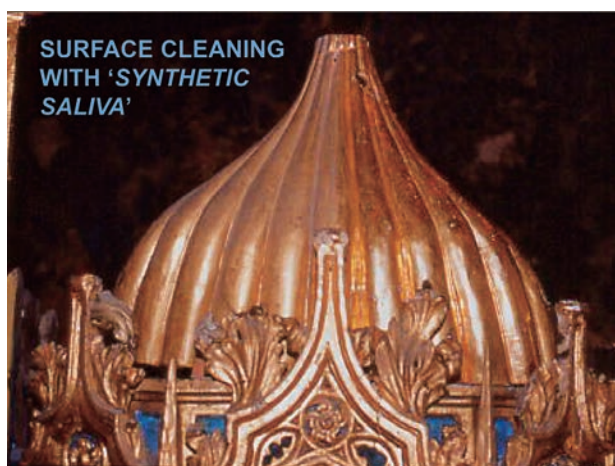


Figure 28

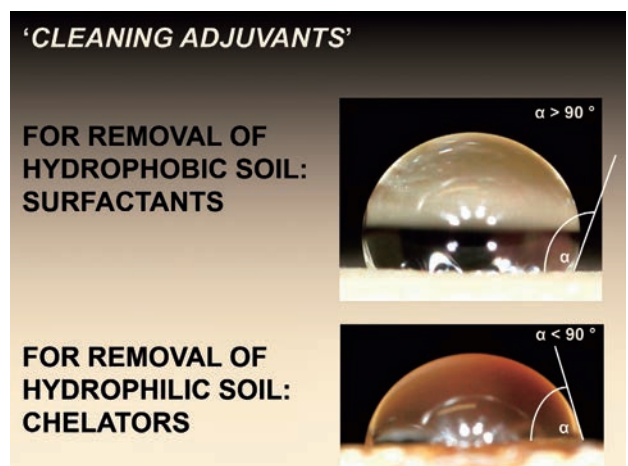


Figure 29

これは絵画の断面図である。絵画は厚いものも薄いものもあるが、これを典型的な例とする。ここに水を一滴垂らして顕微鏡で観察すると、このようになる (Figure 32)。

絵画の表面に水や溶媒を使用するときには、注意しなければならない。絵具層の厚さと水、もしくは溶媒の量によって違いは大きい。たった一滴の水でこのようになるわけで、水や溶媒を含ませた綿棒を表面にあてると何が起きるか想像できよう。



Figure 30

have paintings that are thicker or thinner, but let us take this as a representative example. If I put a single drop of water on it, I get something like this under a microscope (Figure 32).

We should consider this when using water or other solvents on the painting surface. There may be a huge difference, depending on the thickness of the layer and the amount of water or solvent. This is just one drop. We can imagine what a cotton swab loaded with water or solvent can cause.

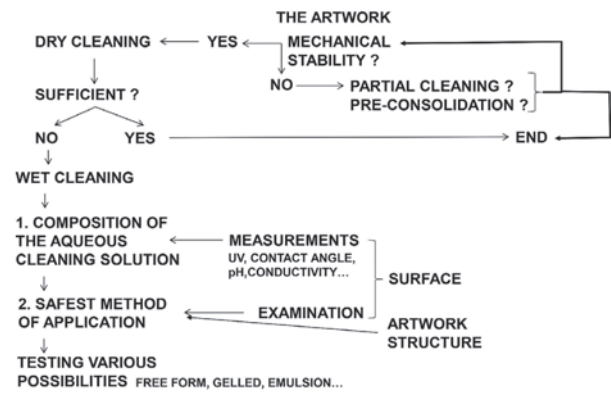


Figure 31

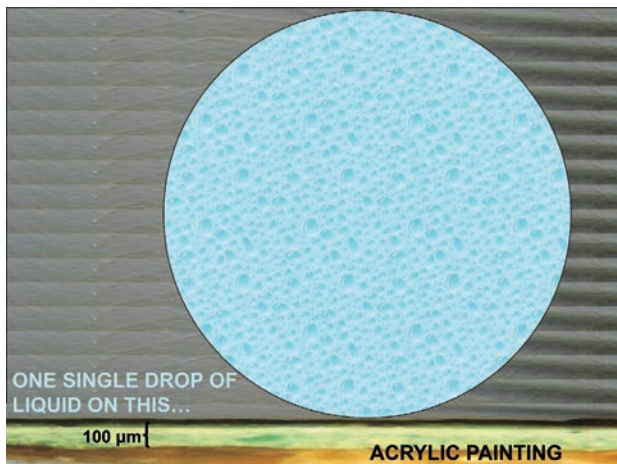


Figure 32

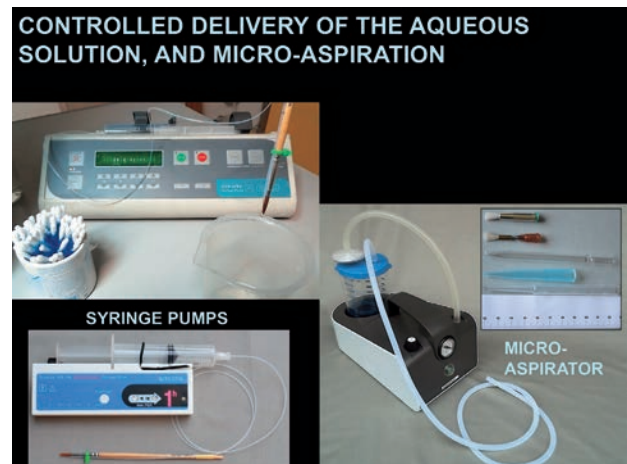


Figure 33

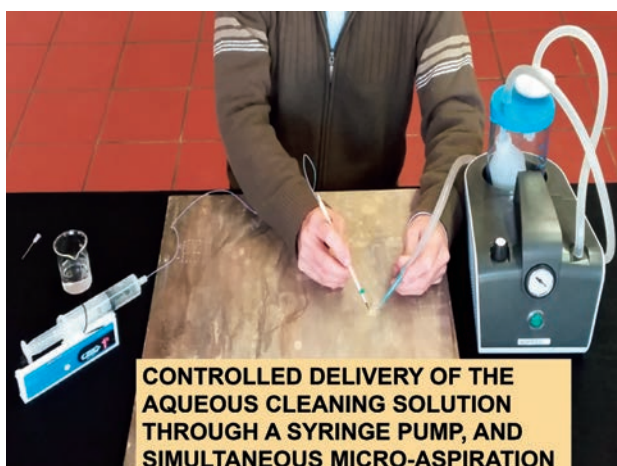


Figure 34



Figure 35

私は、水を液状のまま一番安全に使用できる興味深い方法を考案した(Figures 33, 34)。注射器のポンプによって、常に定量のクリーニング溶液を表面に与える。一方でクリーニング溶液はマイクロアスピレーターを用いて瞬時に吸い取る。こうして、表面は数秒で乾く。

作業中、表面が水によって影響を受けていない良い感覚が実際に感じられた。作品表面に水が接触する時間を大幅に減らすことで、その下にある層と水の相互作用が生じる可能性を小さくすることができる。例えば、ペリッツァ・ダ・ヴォルペード作の大型絵画は、全面的にこの方法でクリーニングされた。

3-2. ゲルの利用

もう一つの方法として、水溶液をゲルの形態で使用することもできる (Figure 35)。現在は、イオン性、非イオン性など様々な特性をもつ多種多様な材料が入手可能で、選択の幅が広い。例として、イタリアでは非常によく見られるものだが、木とメトープから成る様式の天井がある。この種の天井は、何世紀にもわたって塗り重ねられた様々な材質の漆喰層に覆われており、これらを除去する介入処置は、往々にして荒っぽく機械的な手法で

I devised an interesting approach—the safest way to apply water in a free form (Figures 33, 34). A syringe pump was used to deliver a constant amount of cleaning solution to the surface. The cleaning solution was immediately cleared from the surface using a micro-aspirator. Within seconds, the surface was dry.

There was a real feeling that the surface was not affected by water. By drastically reducing the contact time of water with the surface, we had less possibility of interaction with the layers underneath. For example, a large painting by Pellizza da Volpedo was cleaned completely using this technique.

3-2. In a Gelled Form

We could also test an aqueous medium in a gel form (Figure 35). Now we have a variety of materials available with different ionic and nonionic properties, so the selection of materials is wide. Here is a type of ceiling with wood and metope that we encounter very commonly in Italy. Throughout the centuries, they have been covered with layers of plaster of other materials, and often interventions



Figure 36



Figure 37

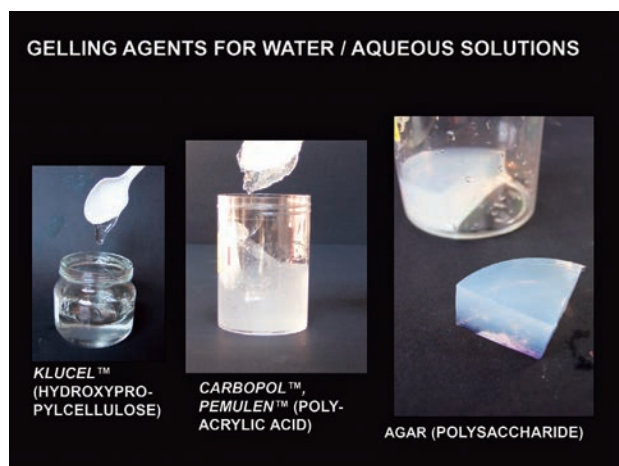


Figure 38

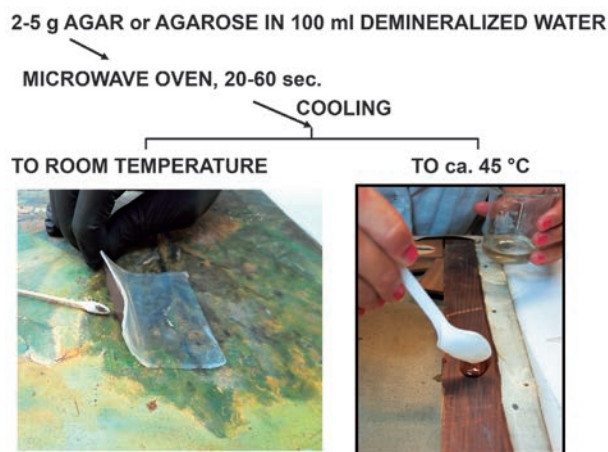


Figure 39

行われてきた。通常、絵具には油は含まれておらず、媒剤はゼラチン、牛乳、もしくはカゼインである。従って若干の水は耐えられるが、あまり多くの水は耐えられない。よってゲルでクリーニングを行うことにより、物質をほぼ完全に除去することができ、機械的な除去方法と比較して非常に均一な表面の仕上がりとなった (Figures 36, 37)。

3-3. 熱可逆性ゲル

3つ目の可能性は、熱可逆性のゲルの使用である。粘度の低いものから硬質ゲルのように粘度の高いものまであり、寒天やアガロースを用いて処置ができる。これらは電子レンジによる作成が可能で、使用方法は2通りある (Figures 38, 39)。

1つ目は、あらかじめ整形したゲルを表面に置く方法だが、置く面がほぼ完全に平らでなければならない。2つ目は、ゲルを半固体の状態で用い、クリーニングする対象に塗布する。ミラノの近代美術館では、多くの作品にこの処置を施した (Figure 40)。この美術館は石膏像のコレクションを数多く有し、保存修復専門家たちは石膏の表面のクリーニングにこの方法を適用した (Figures



Figure 40

to remove these materials were crude and done rather mechanically. The paint is normally with lean medium, and can be gelatin, milk, or casein-based. It can withstand a small amount of water, but not too much. Working with the gel, we could almost completely remove the material, and we were left with a very even surface compared to the mechanical method (Figures 36, 37).

3-3. Thermo-Reversible Gels

The third possibility is to use thermo-reversible gels. We can move from low viscosity to high viscosity like a rigid gel, and we work with agar or agarose. The best way to make the gel is in a microwave oven, and there are two ways to use them (Figures 38, 39).

A pre-formed rigid gel can be applied to the surface, but this requires an almost completely flat surface. Otherwise, we apply the gel when it is in a semi-solid state, and we cover the object with it. A great deal of work was done with the Modern Art Gallery in Milan (Figure 40), where there was a large collection of plaster casts, and the conservators adopted this method for cleaning plaster (Figures 41-43). It



Figure 41



Figure 42



Figure 43

41-43)。この手法は、表面への影響を最小限に抑えた非常に効果のある結果をもたらした。半固体のゲルを塗布して3分後に剥がすだけで、表面クリーニング処置が完了した。

このスライドでは、石膏の表面クリーニングを水を含ませた綿棒で行った場合と、アガーゲルをのせて行った場合を比較する (Figure 44)。写真の右側では、形態が劇的に変化したことが分かる。これは硫化カルシウムが本質的に水溶性であり、常に水の影響を受けるためであ



Figure 44

was very successful and brought about the least interaction with the surface. Simply peel it off after three minutes, and you have a surface cleaning intervention.

Figure 44 compares the plaster surface treated with a cotton swab loaded with water and the plaster surface treated with agar gel. The morphology changed dramatically on the right. Because calcium sulfate is intrinsically soluble in water, it will always be affected. Using an agar gel instead, we removed only the soiling material without affecting the

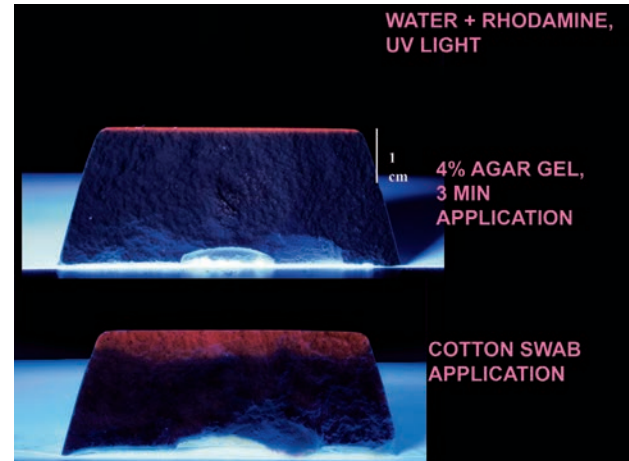


Figure 45

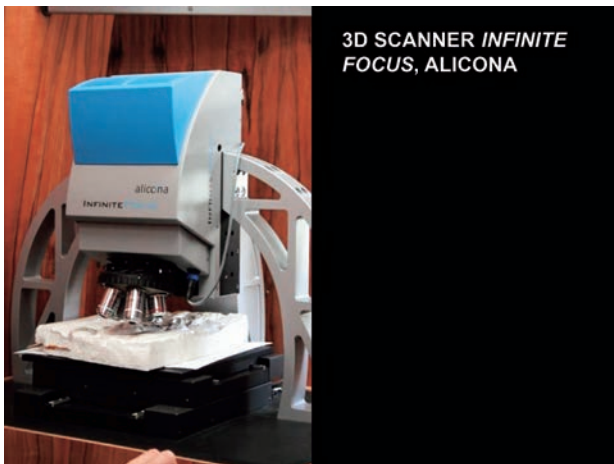


Figure 46

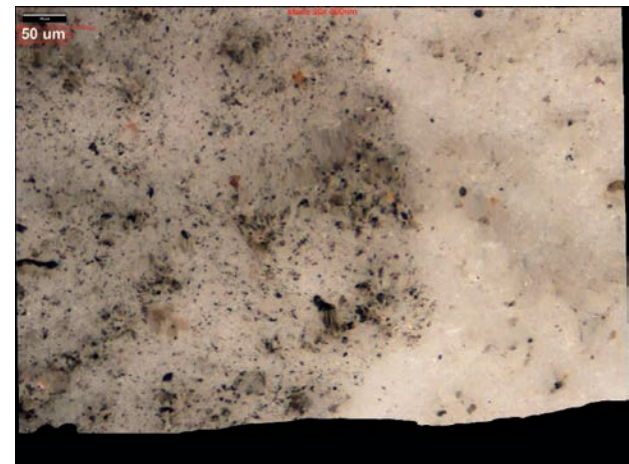


Figure 47

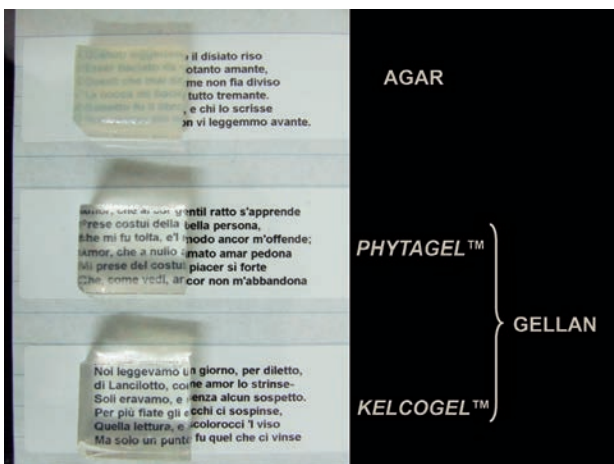


Figure 48



Figure 49

る。けれどもアガーゲルの使用によって、表面に影響を与えることなく汚れだけを除去することができた。

この2枚の写真は、水の拡散の様子を紫外線蛍光染料による着色で示す (Figure 45)。綿棒でクリーニングを行うと、拡散が多いことが分かる。アガーゲルを使用した場合は、拡散が表面のみに限定される。3D スキャナーで観察すると、クリーニングを行ったこれらの表面の形態は全く変化していない。右のスライドの中で唯一消えたものは、汚れの粒子である (Figures 46, 47)。

クリーニングの材料は他にも開発されている。それは、透明性が大変に必要とされる紙の表面の処置にとりわけ適した材料である。柔軟性のある多糖類のジェランガムがこの種の材料であり、^{コンセルヴァタ}保存修復専門家は、A4 版の大きさの作品を一回の処置で処理できるようになった (Figures 48, 49)。それによって、水浸みの線や表面の物質の溶解といった問題を回避し、これらを毛細管現象を利用してゲルの方に移動させられる。通常は、ゲルの使用後に必要とされる処置はない。

それから他の方法として、ゲルを注射器の中に入れて成型すると、クリーニング・スティックのようなものを作ることができる (Figures 50, 51)。これはとても穏や

surface.

These two photographs represent the diffusion of water tinted with a UV dye (Figure 45). If we do a simple cotton swab application, we have a great deal of diffusion. With an agar gel, diffusion is restricted to the surface. Monitoring the surface with a 3D scanner, we see that the cleaned surface shows no alteration in the morphology. The only things missing on the right are the particles of soil (Figures 46, 47).

Other materials have also been developed, which may be more suitable for treating paper surface, where transparency is required. Gellan gum, whose main component is polysaccharide, is a very flexible gel. It made it possible for conservators for the first time to treat A4 format in one single treatment (Figures 48, 49), thus avoiding the problem of tide lines. Materials dissolved from the surface migrated into the gel by capillarity. Normally, no after-treatment is required after using the gel.

As another possibility, if we cast the gel in a syringe, we can get a sort of cleaning stick (Figures 50, 51). It works very mildly and is good for contemporary paint media like acrylic paint, or we can also grate it like parmesan cheese

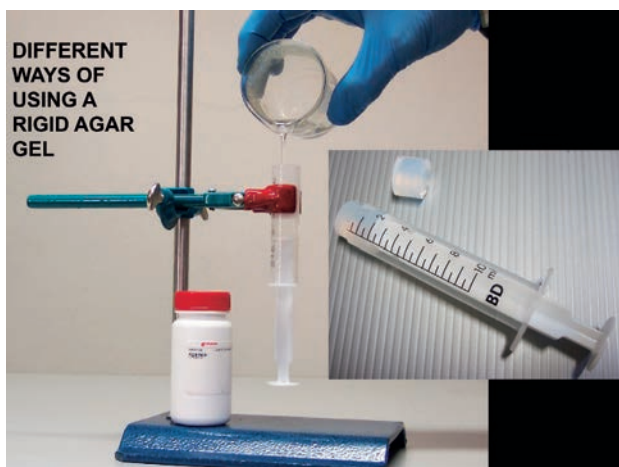


Figure 50



Figure 51



Figure 52



Figure 53

かな処置ができるため、アクリル画などの現代の絵具に非常に適している。また、これはイタリアのパルミジャーノ・チーズのように、すりおろすこともできる (Figures 52, 53)。おろしたてのアガーゲルは、極めて繊細な表面のクリーニングに使用できる。

最近では、パレルモの保存修復専門家の仲間が、アガーを使用した素晴らしい新しい方法を考案した。それは、スプレーで吹き付ける方法である。特殊な塗料用スプレーガンを使用し、広い面に非常に薄い均一な層でアガーを吹き付けられるため、塗布後の除去が大変効率的にできる (Figure 54)。

3-4. 油中水型エマルジョン

硬質ゲルが適さない事例では、油中水型エマルジョンの使用が考えられる。油中水型エマルジョンとは、少量の水が炭化水素で取り囲まれ保護されている状態である。水の作用が弱まるため、劣化した箔押しのように非常に脆弱な表面にも処置を行うことができる。前述のヴェネツィアのサン・ザッカリア聖堂では、多翼祭壇画の箔押しされた額縁すべてにこの方法による表面クリーニングが行われた (Figures 55, 56)。

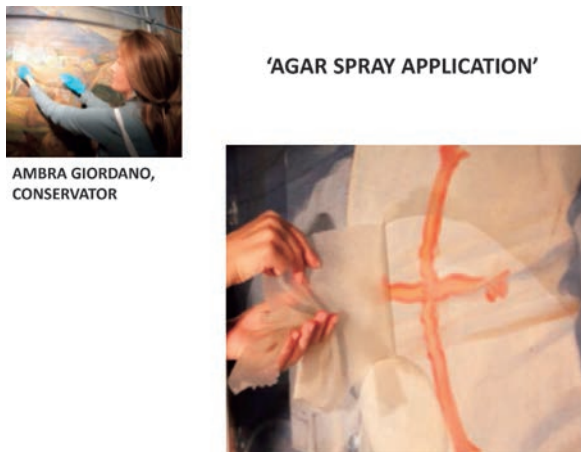


Figure 54

(Figures 52, 53). Freshly grated agar gel can be used for cleaning very delicate surfaces.

More recently, a colleague conservator in Palermo devised a new method for applying agar by spraying. By using a specific paint applicator, she was able to apply a very thin, even layer to large surfaces, which can then be removed in a very effective way (Figure 54).

3-4. Water in Oil (W/O) Emulsion

If rigid gels are not suitable for a specific case, we can consider water in oil emulsions, which means a small amount of water surrounded by a hydrocarbon, which is like a protective coating for water. Water becomes less aggressive, and we can treat even very fragile surfaces, such as degraded water gilding. In the cathedral of San Zaccaria in Venice, all the gilded frames of the polyptychs were treated in this way (Figures 55, 56).

In the Santa Maria Gloriosa dei Frari Church in Venice, a very important painting by Tiziano, "Pala Pesaro" (1519-1526), was treated mainly because of structural problems (Figure 57). Layers of animal glue had been applied

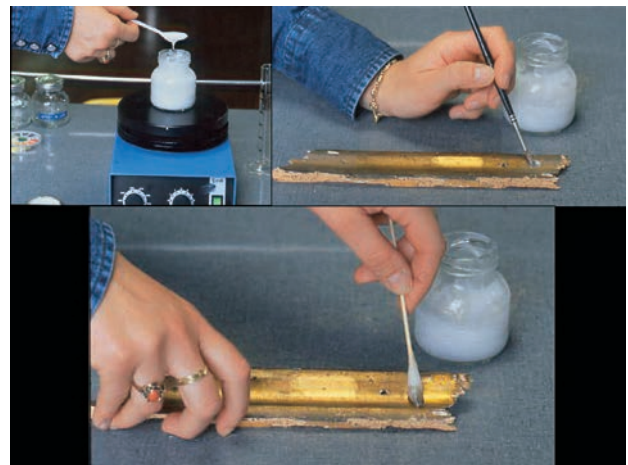


Figure 55



Figure 56



Figure 57

ヴェネツィアの・バジリカ・デイ・フラーリという聖堂では、非常に重要なティツィアーノの絵画《ペーザロの祭壇画》(1519-1526年)が、主に構造的な問題のために処置を必要としていた (Figure 57)。それは過去に行われた処置で、大量の膠が使用されたことが原因だった。この膠が、画面に大きなストレスを与えていた。作品は美術館という環境ではなく、水に囲まれた町ヴェネツィアの聖堂の中にあり湿度が非常に高い。そこで作品の絵具層を安定化させるため、4年前に大きな介入処置の実施が決定された。ワニスを除去し、表面下にある物質はすべて薄くすることになった。

一つのエマルションを決めるには、様々な方法の可能性がある。ここでは、エマルションを使用する際の典型的なプロセスに従い、ゲルの pH を調整して画面上の小区画でテストを行った。最終的に最も効果のあった処方は、溶媒型ゲルにクエン酸を添加して pH 8 に調製したエマルションであった。塗布時間は短く、これを除去した後、クリーニング剤除去用に調製した溶媒で拭き取りを行った。

TESTING THE SURFACE FOR THE MOST COMPATIBLE MEANS OF APPLICATION OF THE AQUEOUS CLEANING SOLUTION

1. IN FREE FORM
2. IN GELLED FORM
3. AS A THERMO-REVERSIBLE RIGID GEL
4. AS A WATER-IN-OIL EMULSION
5. WITH PRELIMINARY HYDROPHOBIZATION

Figure 58

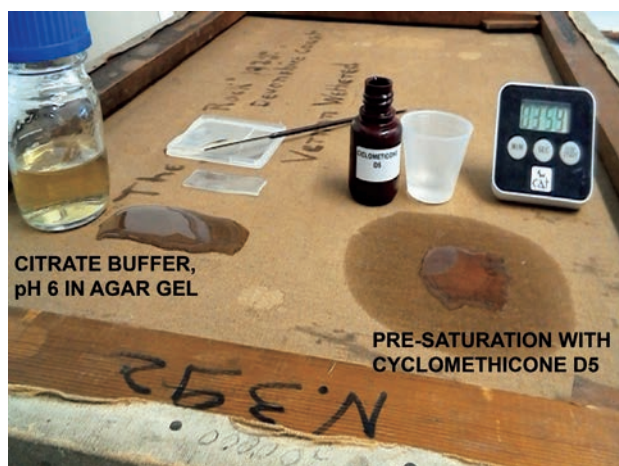


Figure 60

during previous interventions. This glue caused a great deal of stress to the surface. We are not in a museum environment—we are in a church in Venice surrounded by water that has a lot of moisture. To stabilize the paint layers, an extensive intervention was carried out four years ago. The varnish had to be removed, and all the materials under the surface had to be thinned down.

It is possible to define an emulsion in a variety of ways. Here, we followed a typical process for working with emulsions, adjusting the pH, and testing them in small squares on the painting surface. The most successful final recipe was an emulsion mixed with the solvent phase in a gel form buffered at pH 8 with citrate. After application for a short time, dry removal and rinsing were performed.

3-5. Temporary Hydrophobization

Another possibility is that when we are dealing with surfaces that are extremely sensitive to water, we can make the surface temporarily hydrophobic using silicone-based solvents. Cyclomethicone D5 is particularly useful in conservation (Figures 58, 59).

CYCLOMETHYHICONE D5.

VOLATILE SILOXANE (bp 210 °C), LOW POLARITY, WATER-REPELLANT

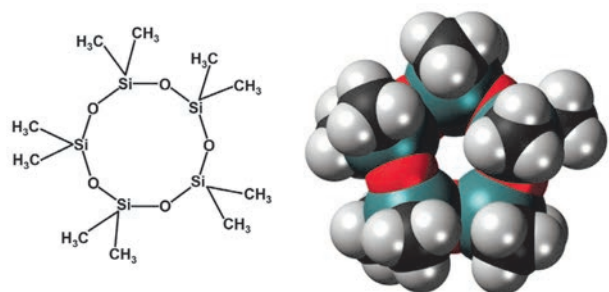


Figure 59



Figure 61

3-5. 一時的な疎水処理

水に対して極めて敏感な表面を処置する場合に、もう一つ可能な選択肢がある。それは、シリコン系溶媒を用いて表面に一時的な疎水性を与える方法であり、文化財保存修復の分野では、シクロメチコン D5 が使用されるようになっている (Figures 58, 59)。

これに関して、絵画の裏側、すなわちキャンバスのクリーニングの事例を紹介する。左側は、クエン酸で緩衝させた半固体の形状のアガーゲルをキャンバスの上に塗布した (Figure 60)。一方の右側では、このゲルを塗布する前にシクロメチコン D5 を含浸させている。次いで、乾いた綿棒を用いてアガーゲルを拭き取る (Figure 61)。下方の写真はアガーゲルのみで処置を行ったものである (Figure 62)。汚れは除去されたが、水浸みの線が残った。上方の写真のようにシクロメチコン D5 で前処理をすると、毛細管現象を抑制するため水浸みの線は出ない。

3-6. シリコンゲル

シリコン系溶媒を使用するもう一つの方法に、化粧品産業の製品のシリコンゲルがある (Figure 63)。文化財保存修復の分野では、Velvesil Plus と KSG-350Z

Here is an example of cleaning the back of a painting on canvas. On the left, a citrate buffer in semi-solid agar gel was applied to the canvas (Figure 60). On the right, you see a pre-saturation with Cyclomethicone D5 before applying the same gel. Then, the gel was removed with a dry cotton swab (Figure 61). The lower photograph shows the area treated only with the agar gel, which is clean, but we have tide lines (Figure 62). If we pretreat with Cyclomethicone D5, it will block capillarity, so tide lines are not formed as in the upper photograph.

3-6. Silicone Gels

A different way of using a silicone solvent is to use premade silicone gels from the cosmetics industry (Figure 63). In conservation, we currently use two different types of materials, Velvesil Plus and KSG-350Z (Figure 64). They are silicone solvent gel with a high-tech polymer that also has some emulsifying ability.

Here is an interesting example of the cleaning of ancient wooden choirs. The conservator wanted to try protecting the original wax finish beneath all those layers of grime,



Figure 62

TESTING THE SURFACE FOR THE MOST COMPATIBLE MEANS OF APPLICATION OF THE AQUEOUS CLEANING SOLUTION

1. IN FREE FORM
2. IN GELLED FORM
3. AS A THERMO-REVERSIBLE RIGID GEL
4. AS A WATER-IN-OIL EMULSION
5. WITH PRELIMINARY HYDROPHOBIZATION
6. AS A WATER-IN-OIL PARTICLE EMULSION (SILICONE-BASED)

Figure 63

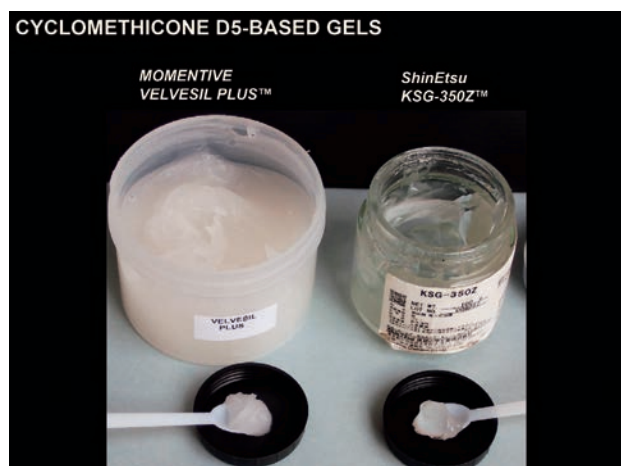


Figure 64

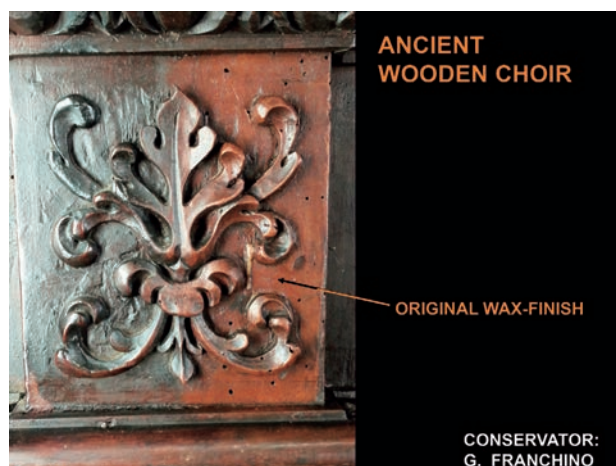


Figure 65

という2つの異なるタイプの材料を現在使っている (Figure 64)。これは基本的に、エマルジョン形成力がある程度備えたハイテクポリマーを使用したシリコーン系溶媒である。

歴史的な聖歌隊席の木彫に適用した興味深い例を紹介する。保存修復専門家は、汚れや艶出しクリーム、その他すべての物質の層の下にあるオリジナルのワックス仕上げを保存したいと考えた。炭化水素を含む従来のエマルジョンは非常に効果的だったが、ワックス仕上げの層まで除去してしまった。しかしシリコーン溶媒の極性は低いいため、ワックスを溶かさない。これがシリコーンゲルを使用した効果であり、オリジナルのワックス仕上げを保存することができた (Figure 65)。

この種のゲルに水を加えると、水の粒子はポリマーの微細な粒子に取り囲まれる (Figure 66)。これらの微細な粒子は水を溶媒に乳化させることができ、それは周囲の灰色の部分にあたる。このエマルジョンは、非常に繊細な表面に水を使用するのに大変有効である。これは現在、アクリル画のクリーニングに適用される方法の中で数少ない選択肢の一つとなっている。

これらすべての選択肢をテストした後、水を使用し

'PARTICLE' or 'PICKERING' EMULSIONS

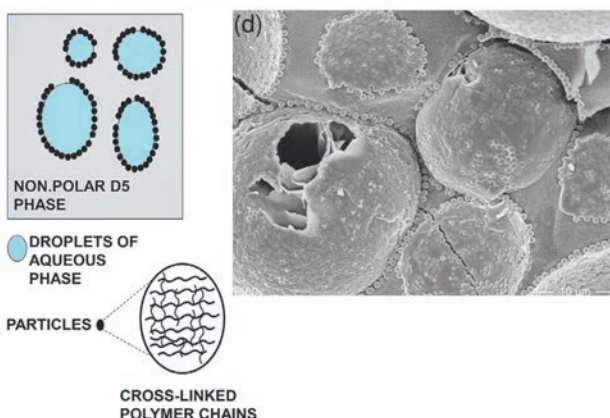


Figure 66

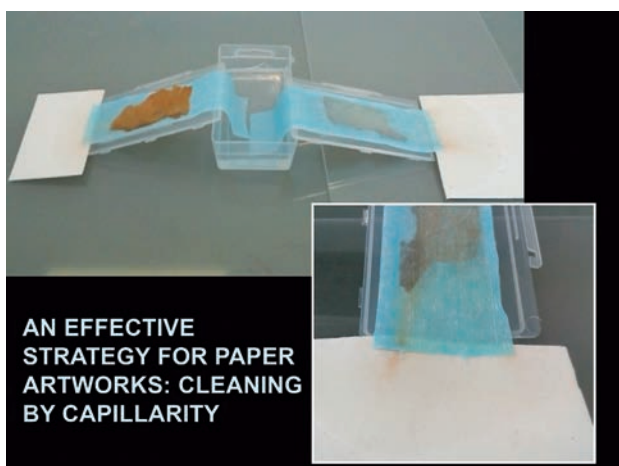


Figure 68

polishing paste, and everything else. Traditional emulsions made with hydrocarbons were very effective, but they also removed the wax finishing layer. However, silicone solvents are less polar, so they do not dissolve wax. This is the effect of using silicone gel on the surface, conserving the original wax finishing (Figure 65).

When water is added to this type of gel, droplets of water are surrounded by these tiny particles, which are polymers (Figure 66). These tiny particles can emulsify water into the solvent, which is the gray part surrounding them. This type of emulsion is very useful for delivering water to very sensitive surfaces. It is one of the few possibilities that is currently accepted for cleaning acrylic paintings.

After testing all these possibilities, we should have an idea whether the aqueous treatment is feasible or not (Figure 67). Is it possible to treat the artwork with water? We should be honest about this. If none of these procedures is sufficiently selective, our conclusion can be no, and we do not perform the aqueous treatment. Therefore, we simply end with dry cleaning or whatever we have done before. Now, of course, I know that this is rather schematic; real life may be

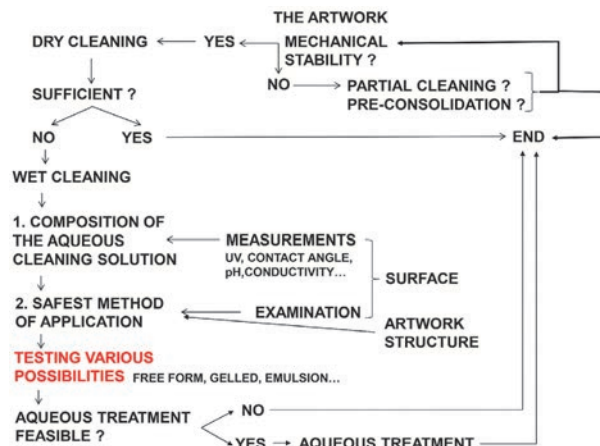


Figure 67

SONTARA™ PRINTCLEAN M
by DuPont, now JACOB
HOLM, Basel, Switzerland
info@jacob-holm.com

NON-WOVEN TISSUE.
44% POLYESTER - 56%
WOODPULP
**NO BINDERS, ADHESIVES
OR CHEMICALS**



Figure 69

た処置が実行可能か否か考えなければならない (Figure 67)。その作品は、水を使った処置を行えるかどうか？これについては、正直に考えなければならない。もし、これらの手段のいずれを使っても十分に選択的なクリーニングが行えなければ、水を使用する処置は行わずドライクリーニングにとどめるか、もしくは前段階で行った処置までで作業を止める。もちろん、この考え方はやや図式的であり、現実が異なることは認識している。このようなアプローチ方法が、参加者の参考になることを望んでいる。

紙作品のクリーニングを効果的に行う方法として、毛細管現象を利用することが多い。この種の不織布 (Sontara™ Printclean M) を使用すると、水は毛細管現象によって移動する (Figures 68, 69)。紙作品の位置は、この不織布の上下どちらに置いてよい。こうすることで、適切に穏やかなクリーニング方法ができる。

4. 除去の処置

より深いレベルの介入、すなわち物質の除去が必要になった場合、除去すべき物質はワニスや加筆のような有機性被膜形成物質や、塩、腐蝕物、その他の無機物質で

a little different. But I hope I gave you some ideas with this type of approach.

An effective strategy for cleaning artworks on paper is often due to the action of capillarity. Using a nonwoven material (Sontara™ Printclean M), water will flow by capillarity (Figures 68, 69). The paper can be either on top or below this tissue, and it provides a good, gentle way of cleaning.

4. Removal Intervention

If we need a deeper level of intervention—the removal of material—they could be organic film-forming materials such as varnishes, retouches, or inorganic materials such as salts or corrosion products (Figure 70). Basically, there are three different approaches (Figure 71). We can use an aqueous medium, organic solvents, or a mixed environment such as emulsions. I will briefly show you some examples, beginning with solvents.

4-1. Organic Solvents

Toxicity is a critical issue with organic solvents, as previously

A DEEPER LEVEL OF INTERVENTION: REMOVAL OF

- ORGANIC FILM-FORMING MATERIALS (VARNISHES, COATINGS, BINDING MEDIA OF RETOUCHES AND OVERPAINTS, RESIDUAL ADHESIVES AND CONSOLIDANTS...)

- INORGANIC/MINERAL MATERIALS (SALTS, OXIDES, CORROSION PRODUCTS...)

Figure 70

THE USE OF ORGANIC SOLVENTS. POTENTIALLY RISKY NOT ONLY FOR THE STRUCTURAL INTEGRITY OF THE WORK OF ART: IN FIRST PLACE, FOR THE HEALTH OF THE OPERATORS AND THE SAFETY OF THEIR WORKING ENVIRONMENT



FROM 2008, THE UN (UNITED NATIONS) HAVE IMPLEMENTED A WORLD-WIDE SYSTEM FOR CLASSIFICATION OF CHEMICALS: THE GHS – THE GLOBALLY HARMONIZED SYSTEM OF CLASSIFICATION AND LABELLING OF CHEMICALS

Figure 72

'REMOVAL CONDITIONS'

- 1. IN AQUEOUS MEDIUM

- 2. WITH ORGANIC SOLVENTS

- 3. IN MIXED ENVIRONMENT, i.e., WITH EMULSIONS

Figure 71



Figure 73

あるだろう (Figure 70)。これに対処するには、3つの異なるアプローチがある (Figure 71)。つまり、水系溶媒、有機溶媒、もしくは、両方の環境が混在するエマルジョンの使用である。いくつかの事例を有機溶媒から手短に示す。

4-1. 有機溶媒

有機溶媒の毒性は、すでに指摘されている非常に重要な課題である。私はこれまで30年間仕事をしてきた中で、常にこの問題に特に注意を払ってきた。というのも、有機溶媒には、毒性がとりわけ高いものがあるためである。化学分野であれば、ヒュームフードの下で安全な環境で使用することができる。ところが、工房などの修復作業場では、必ずしも全ての作業をヒュームフードの下で行うことはできない。したがって、溶媒への曝露は決して過小評価してはならない真に現実的な危険である。

2008年、国際連合はGHSと呼ばれる世界的な化学物質の分類システムを導入した (Figure 72)。ヨーロッパは、ただちにこれを受け入れた。新しい規制の内容はより厳しく、より毒性の低い物質の使用が促進されることを期待している。また作業者にとって毒性が低い物質

mentioned. In 30 years of work, I always paid significant attention to this issue because some organic solvents may be highly toxic. The problem is that in a chemistry laboratory, we can use them under a fume hood and in safe conditions, but in a conservation studio, we cannot perform the entire work under a fume hood. The risk of exposure to a solvent is a real risk and should not be underestimated.

In 2008, the United Nations implemented this worldwide system of chemical classification, which is called the GHS (Figure 72). Europe accepted this soon after. Now, this new regulation is stricter, and hopefully, it will help us in using fewer toxic materials. It often happens that materials that are less toxic to the operator are also safer for the work of art. Because both human beings and works of art are composed of organic materials, the effect is the same.

Until 2011, the most common paint strippers were based on chlorinated solvents to perform interventions, such as removing oil overpaint from the original paint (Figure 73). Then, the production of this chlorinated solvent was banned in Europe, so we no longer have this type of gel. We found that simply mixing Klucel gel with ethanol would be able to



Figure 74



Figure 75



Figure 76

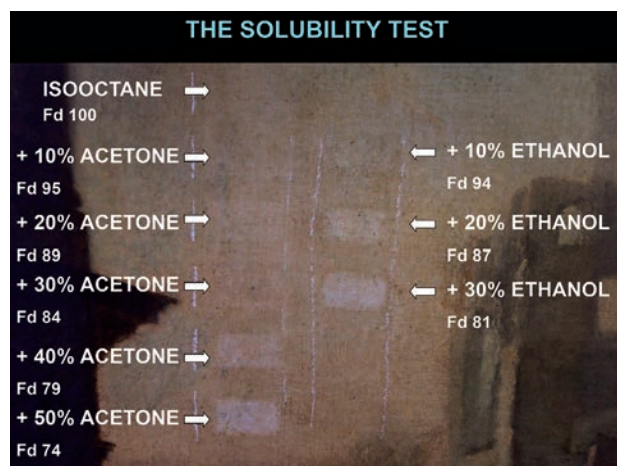


Figure 77

は当然、作品にとってもより安全である。人間も作品も有機物であるので、同様の影響を受ける。

2011年まで、絵具除去剤には塩素系の溶媒が最も使用され、オリジナルの絵具の上に塗られた油絵具の加筆を除去するために用いられていた (Figure 73)。しかしその後、ヨーロッパでは塩素系溶媒の製造が中止され、この種のゲルは手に入らなくなった。今では、Klucel にエタノールを混ぜてゲルにすれば、毒性は一切無い状態で、全く同じ介入処置ができる (Figures 74, 75)。より強い溶媒を使用するのであれば、ベンジルアルコールまたはエチルラクテートがある。これらには水は含まれず、Klucel を用いた純粋に溶媒型のゲルとなる。

通常、溶媒を使用する場合は、段階的に溶解性にアプローチする溶解性試験に従う (Figure 76)。つまり、炭化水素など極性の非常に低い溶媒からテストし、徐々に溶媒の極性を高めていく。例えば絵画のワニス除去したいとき、まず溶解性試験を行う (Figure 77)。この例では炭化水素だけでは、何も除去ができないことが分かる。極性を高め、アセトンに 10% 混ぜても全く何も動きはない。次の段階の混合溶液を用いると、ブランチング (白濁化、blanching) が見えるようになる。

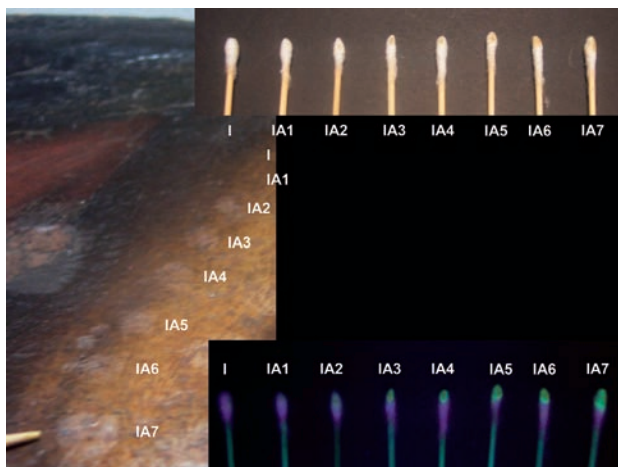


Figure 78

perform exactly the same intervention, but with no toxicity (Figures 74, 75). If stronger solvents are needed, benzyl alcohol and ethyl lactate can be used. No water is included in this pure solvent gel with Klucel.

Normally, when we work with a solvent, we follow a gradual approach to solubility, which is called a solubility test (Figure 76). We start with very non-polar solvents, hydrocarbons, and we go on with increasing polarity. If I want to remove the varnish on the painting, I would do the solubility test (Figure 77). The hydrocarbon alone did not undergo any removal. Then, I increased the polarity, but the mixture with 10% acetone did not work. With the next mixture, blanching started occurring on the surface.

I am using a neutral solvent, so blanching here is a very good indication for us. It tells us that if we increase the polarity, we obtain a different result. This is simply optical blanching caused by the initial mild swelling produced by the solvent. In fact, if we increase the polarity, this blanching practically disappears. If we increase the polarity further, the material is dissolved. In this way, we try to minimize the polarity required for removing, so we affect less of the paint

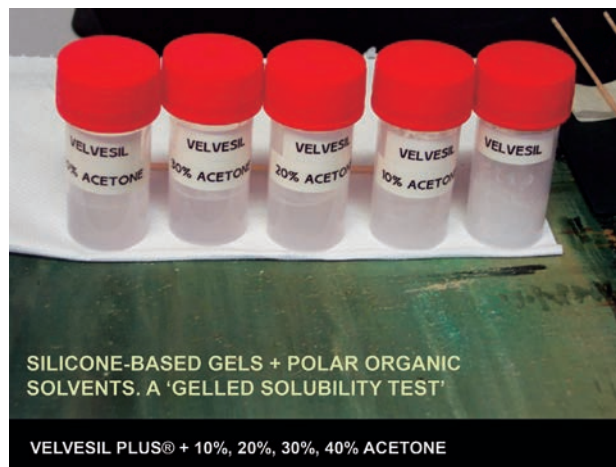


Figure 79



Figure 80

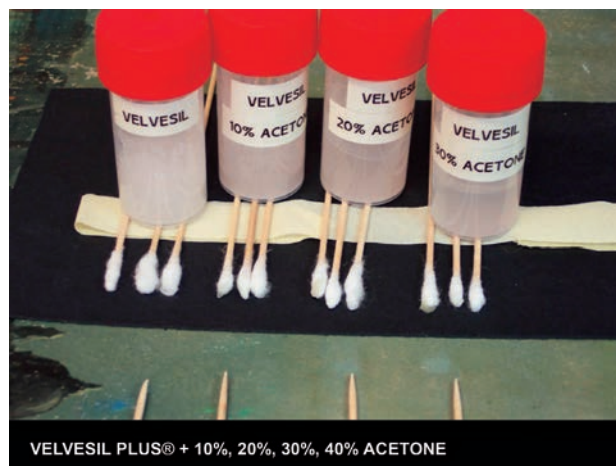


Figure 81

ここでは中性の有機溶媒を使用しているため、ブランチングは非常に良い指標となる。極性を高めれば、結果が得られるということである。これは、有機溶媒が最初にわずかな膨張を生じさせることによって生じる単純に視覚的なブランチングである。事実、極性を高めるとブランチングは消える。さらに極性を高めると、物質は溶けるということになる。このようにして、除去に必要な極性を最小限にとどめることで、その下にある絵具への影響を抑える。また、常に表面および使用した綿棒の蛍光反応を見て、どのように段階的に結果に到達するかを確認する (Figure 78)。

溶媒は、シリコーンゲルに加えることもできる。ゲルの形態で同様に溶解性試験を行うと、興味深い事実が分かる (Figure 79)。例えば、絵画のワニス除去のために、溶媒をそのまま使用するとアセトン60%要した (Figure 80)。しかし Velvessil にアセトンを混ぜて使用すると、ワニスは30%のアセトンだけで除去できた (Figures 81, 82)。なぜこのような現象が起きるのか？このゲルを形成するポリマーには、エマルジョンを形成する作用があり、表面から物質をはがす手助けをしてくれる。こうして使用する修復材料の極性は低くなり、下

underneath. We always check the fluorescence of the surface and the fluorescence we have on the cotton swabs to get to a gradual result (Figure 78).

The solvents can be added to the silicone gels. When you perform a solubility test in gel form in a similar way, you discover something interesting (Figure 79). To remove varnish from the painting, I needed 60% acetone if I used free solvents (Figure 80). However, if I work with Velvessil and acetone, I could remove it with only 30% acetone (Figures 81, 82). Why does that happen? The gel material we used also has some emulsifying ability. The gelling polymer is also emulsifying, it helps picking-up material from the surface. We can use less polarity, and there is less danger for the paint underneath.

It was very important to note that Professor Richard Wolbers radically changed the way we approach conservation and cleaning. Among the several discoveries that he made, he found that these solvent surfactant gels—solvents in a very thick form enable less exposure to solvent vapors and produce less toxicity (Figure 83). It is also possible to prolong the contact time with the surface. With the surfac-

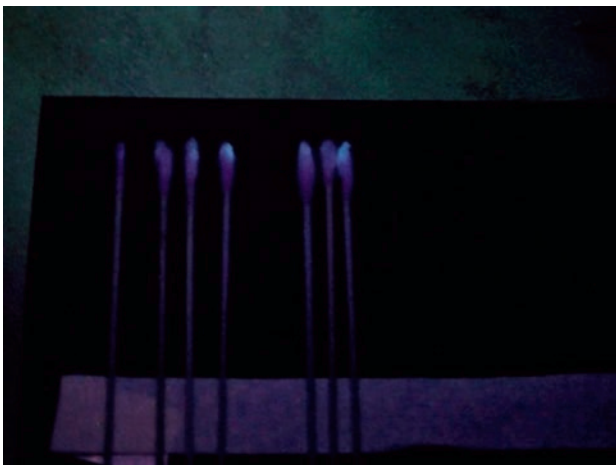


Figure 82

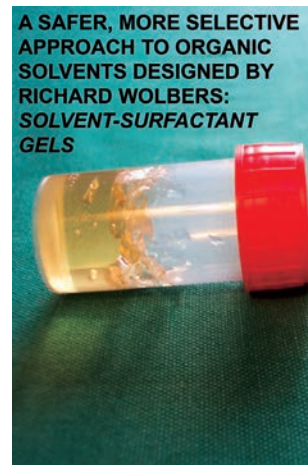


Figure 83



Figure 84

A SAFER, MORE SELECTIVE APPROACH TO ORGANIC SOLVENTS DESIGNED BY RICHARD WOLBERS: SOLVENT-SURFACTANT GELS

SOLVENT MIXTURES IN HIGH-VISCOSITY GELS, ALSO CONTAINING A SURFACTANT (NOT IN A FREE FORM, BUT CHEMICALLY BOUND TO THE GELLING POLYMER = LOWER DIFFUSION UNDER THE SURFACE)

'REMOVAL CONDITIONS'

- 1. IN AQUEOUS MEDIUM ←
- 2. WITH ORGANIC SOLVENTS
- 3. IN MIXED ENVIRONMENT, i.e., WITH EMULSIONS

Figure 85

層の絵具に対する危険度も減少する。

リチャード・ウォルバース先生 Prof. Richard Wolbers が、コンサーベーションおよびクリーニングのアプローチ方法を変革したことは、非常に重要だった。ウォルバース先生の発見の中でも、溶媒界面活性剤ゲル solvent surfactant gel は非常に高濃度のゲルの中に溶媒があり、溶媒曝露が起りにくく毒性が低い (Figure 83)。そして表面との接触時間を長くすることができる他、界面活性剤が含まれていることから、低い極性で作業を行うことができる。

数年前、一つの挑戦としてこの絵画は私のもとに持ち込まれた (Figure 84)。絵画は火災によって損傷し、担当した保存修復専門家は知りうる限りの手を尽くしたが良い結果が得られず、作品は失われたものと考えられていた。ところが溶解性試験を行っただけで、私は溶媒を用いて暗色物質が除去できることに気づいた。しかし、残念ながら絵具層にも影響を与えていた。そこで、溶媒を非常に粘度の高い形状に封じ込めることにした。溶媒界面活性剤ゲル Solvent surfactant gel の形にすれば界面活性剤も含まれており、表面の接触を改善できる。最終的にこの戦略は成功し、絵画をさらにクリーニングすることができた。

フィレンツェの貴石加工所 (Opificio delle Pietre Dure 国立修復研究機関) よりクリーニング方法の考案を依頼された《聖母子》(サンタ・マリア・マッジョレ聖堂、フィレンツェ、コッポ・ディ・マルコヴァルド 1225-1276 年に帰属) は絵画と彫刻が混在する作品であり、大変重要な修復事例であった。これは板絵であり、祝福された聖母マリアと幼子イエスが浮き彫り彫刻となっている。数世紀の間に幾層ものワニス塗られ、それが一部除去されたり、何らかの物質が塗布されたりしていることが判明した。ゲル状にした溶媒を用いてワニスを除去し、クリーニングを完了した。



Figure 86

tant gels, we can work with less polarity.

A few years ago, this painting was brought to me as a challenge (Figure 84). The painting had been damaged by fire, and the conservator in charge tested everything he knew, and could only arrive at this result. The painting was considered to have been lost. However, by simply performing the solubility test, I realized that the dark material could be removed with the solvent, but unfortunately it affected the paint layer. The strategy was to keep the solvent in its most viscous form. In the form of a solvent surfactant gel, the surfactant in this case would help the surface contact. In fact, this strategy worked, and the painting could be cleaned further.

I was asked by the Opificio delle Pietre Dure in Florence (a national institution for restoration of artworks) to setup the cleaning procedure for the “Madonna and Child” (Santa Maria Maggiore Church, Florence, attributed to Coppo di Marcovaldo 1225-1276), which was a combination of painting and sculpture and was a very important restoration case. It was a wooden panel with the blessed Mother and Jesus in a relief sculpture. Throughout the centuries, it had been covered with layers of varnish, sometimes partially removed, and sometimes covered with other materials. Then, the varnish was removed using solvents in a gel form, and cleaning was completed.

Looking at this intervention, I now see some problems with it. Look at the throne of the Mother richly decorated; at some point in the history, it was hidden under new paint. We don't know the reason, perhaps to tone down that splendor during the Counter-Reformation? That pictorial matter respected for centuries has been removed. This is a very difficult issue. I am not claiming that I have the right point of view. I am simply saying that it is a little disturbing



Figure 87

今は、行った処置に対して幾分問題を感じている。聖母の玉座は、何と豊かに装飾されていたことか。この部分は、歴史上のある時点で上から絵具が塗られ隠された。理由は分からないが、対抗宗教改革の時代にこの華麗さを抑えようとしたのだろうか？何世紀にもわたって尊重されてきた絵の一部が、今、除去されたのである。これは非常に難しい問題である。私は批判をするつもりはなく、公正な視点に立っている。ただ、この状況にあまり心穏やかではいられないだけである。歴史は失われ、情報は失われてしまった。

4-2. 増粘させた溶液の利用

物質は水系溶媒でも除去することができる (Figure 85)。フィレンツェの貴石加工所で行ったもう一つの事例を示す。《サルザーナの十字架》(サルザーナ大聖堂、グリエルモ作、1138年)はイタリアの伝統にとって、大変重要な意味がある。というのも、中世の時代には非常に珍しい作者の署名があり年代が記されている。クリーニングを開始したとき、酸化したワニス層をエタノールとアンモニアで除去するというこれまでの方法では、表面に多くのブランチングが生じた。下層の絵具への影響を避けるため、われわれは異なる手法を試みた。

それは、数年前にウォルバースが開発したばかりの樹脂石鹼 resin soap と呼ばれるものだった (pH 8.5 に調整したトリエタノール・アンモニウム・アビエテート (ABA-TEA) の溶媒型ゲル)。この石鹼は天然樹脂で作られており、別の天然樹脂に対する親和性を使って溶解させる。クリーニングは非常にマイルドな pH 8.5 で行うことができる。この方法でなければ、より高い pH を使わねばならないだろう。樹脂石鹼はこれまで主に北米で使用され、100年ぐらい前の作品までを対象としていた。今回は、樹脂石鹼が古い作品に初めて使用された、非常に重要な処置であった。

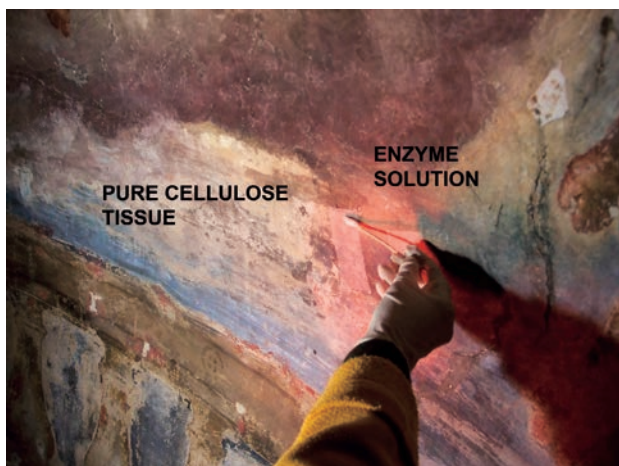


Figure 88

to me. History has gone. Information has gone.

4-2. In an Aqueous Medium

We can remove materials in an aqueous medium as well (Figure 85), and here is another work done with the Opificio. The "Sarzana Cross" (Sarzana Cathedral, Guglielmo, 1138) is very important for the Italian tradition, because it is signed and dated, which is something very unusual for the medieval period. When the cleaning started with the traditional method of using solvents, ethyl alcohol and ammonia in free form to remove oxidized varnish, it resulted in a great deal of blanching on the surface. To avoid affecting the paint underneath, we tested something different.

We tested the so-called resin soap (pH 8.5 buffered, gelled aqueous solution of triethanol-ammonium abietate [ABA-TEA]), the type of soap that Wolbers had developed just a few years earlier. The soap is made with natural resin. It works by affinity over another natural resin. You can do it at a very mild pH of 8.5. Otherwise, you would do at much higher pH. Until then, these soaps had been used mainly in North America, and all the treated works of art were at most a hundred years old. This was a very important intervention case because it was the first time that resin soap was used in an ancient work of art.

4-3. Enzymes

This example is a fresco mural painting in a church in central Italy. The painting had been detached, and a great deal of animal glue used for detachment was left on the surface. The conservator tested many methods of removing this glue, but it was very difficult because animal glue and calcium carbonate support may have interacted with each other, making it very difficult to remove. Then we



Figure 89

4-3. 酵素

中央イタリアの聖堂のフレスコ壁画の例を挙げる。この作品は壁から剥がされ、処置に使用した動物膠が多く表面に残っていた。保存修復専門家はこの膠を除去しようと様々な方法を試したが、支持体である炭酸カルシウムと膠の相互作用により硬化しており、除去が大変難しかった。そこで酵素の使用を試みた。酵素は、この種の介入処置に対して非常に有効である。

酵素は、pH6.5 で緩衝させたプロテアーゼを使用した (Figure 86)。季節が冬だったため聖堂内の温度は非常に低く、表面を温めなければならなかった。赤外線ランプを使用して、温度を 26℃、27℃ ぐらいまで引き上げた (Figure 87)。クリーニングの効果が酵素によって得られていることを確認するため、酵素を使うたびに、酵素を含まない溶液もテストした (Figures 88, 89)。こうして酵素の作用を証明した。溶液を塗り、時間を少しおいた後、薄い紙を剥がし、そして拭き取った (Figures 90-92)。今は、作用したのは酵素だったと断言できる。同じ pH の同じ溶液でも、酵素がない場合は全く効果が見られなかったのである (Figures 93, 94)。



Figure 90

tested enzymes. Enzymes are very effective for this type of intervention.

We used protease buffered at pH 6.5 (Figure 86). The temperature in the church was very low in winter, so we had to warm the surface with infrared light, bringing it to around 26-27°C (Figure 87). Then, every time we used enzymes, we also tested the solution without the enzyme to ensure that the result was due to the enzyme to verify its action (Figures 88, 89). We applied the solution, and after a while removed the tissue paper and rinsed it (Figures 90-92). We can say that it was really the enzyme that cleaned it, because the same solution and the same pH without the enzyme did nothing (Figures 93, 94).

4-4. Emulsions

Finally, materials can be removed in a mixed environment, in an emulsion (Figure 95). Here is an example. We have a tradition of polychromed wooden sculptures in Northern Italy. They have been repainted many times, and the cross-section of their paint sample looked like a cake when viewed under a microscope.



Figure 91



Figure 92



Figure 93

4-4. エマルジョン

最後に、混合溶媒であるエマルジョンを用いた物質の除去の例を挙げる (Figure 95)。イタリア北部には、古くから彩色木彫彫刻の伝統がある。これらの彫刻は何度も色が塗り直されており、絵具の試料のクロスセクションを顕微鏡下で見ると、まるでケーキの切断面のように見える。

オリジナルのアズライトは、新たに混合媒剤による地塗り [白色] で覆われ、次いで混合媒剤による鉛丹の非常に硬い層 [橙色]、膠、また別の地塗り [白色] とその上に 2 層の絵具 [青色] が順に塗られている。問題は、この重ね塗りにより彫刻がどんどん大きくなり、彫刻の形が鈍くなることである。これは、単純にオリジナルの絵具の色を取り戻すだけでなく形も取り戻す、美的側面に関わる処置である。保存修復専門家は最初の 3 層を容易に除去できても、鉛丹の層で止まってしまうことが予想された。

混合媒剤は経年による重合が進んでいたため、この層までは溶媒を含むエマルジョンを用いてクリーニング処置を行った。エマルジョンは除去に効果的であった。はじめに pH は 10 から開始したが、この pH をアズライトに接触させることはできない。したがって、最終的にエマルジョンの pH は 8 とし、キレート剤 EDTA を添加した。これは水中油滴型のエマルジョンである (キシレン:水=1:16)。テストはキシレンを使って行ったが、キシレンは大変有毒であり使用は控えたい。そのため、作業は別の炭化水素に少量のベンジルアルコールを混ぜて行った。

3年前、ヴェネツィアのアカデミア美術館よりヴィットーレ・カルパッチョによる《聖ウルスラ伝》の連作 (大型キャンバス画 9 点) のクリーニング方法の確立と処置管理の任務を依頼された。これらの美しい絵画作品には、数世紀にわたり繰り返し修復が行われており、最初

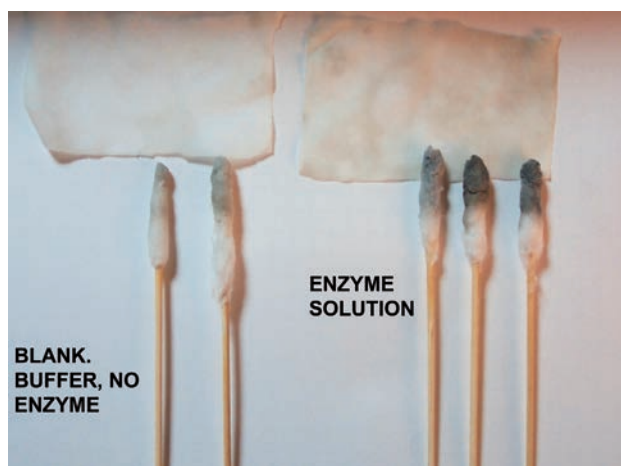


Figure 94

The original azurite is covered by another ground layer in mixed medium (white), then a very tough layer of red lead in a mixed medium (orange), then some glue, then another priming layer (white), and then two layers of paint (blue). These sculptures became increasingly larger. The problem is that layers of paint dull the shape of the sculpture. It is not an aesthetic intervention simply to recover the original paint color, but also to recover the shape of the sculpture. The conservator would easily remove these three first layers, but would stop at the red lead.

The mixed medium becomes very polymerized over time, so intervention was performed with an emulsion of solvents up to this layer. The emulsion worked effectively for removal. We first started at pH 10, but we should not get into contact with azurite at this pH. Then, the final application was made with the same emulsion at pH 8. A chelator, EDTA, was added. It was an oil in a water emulsion (1:16). Tests were performed with xylene, but this was too toxic. We did not want to use this approach, therefore the entire work was done with a substitute of another kind of hydrocarbon and a small percentage of benzyl alcohol.

Three years ago, I was called by the Accademia Gallery of Venice, and assigned the duty of setting up and supervising the cleaning of "Legend of Saint Ursula," a series of nine large canvas paintings by Vittore Carpaccio. These beautiful paintings were restored many times during the centuries, and the first restoration was done in 1521. We could not know what the paint medium was and what materials have been added.

In the UV fluorescence photograph, we found an even layer of varnish on top because the last restoration was done in 1984. The varnish was very easy to remove in the solubility test, because it was still a relatively new varnish.

'REMOVAL CONDITIONS'

- 1. IN AQUEOUS MEDIUM
- 2. WITH ORGANIC SOLVENTS
- 3. IN MIXED ENVIRONMENT, i.e., WITH EMULSIONS



Figure 95

の修復は1521年とされる。絵具の媒剤は何だったのか、どのような物質が付加されたのかは分からない状態だった。

紫外線蛍光写真を見ると、表面に均一なワニスの層があることが分かった。それは最近の修復が1984年に行われたためである。溶解性試験を行ったが、当然ながら、ワニスは塗られてから日が浅いため非常に簡単に除去できた。

問題はワニスの下にある物質であり、加筆をすべて除去することになった。いくつもの異なる層が重なる複雑な状況下で、これに対処する最良の策はエマルジョンを用いることであった。ここでも、クエン酸のエマルジョンを使用した。前述と同じ戦略になるが、キシレンの代わりに芳香族ではない別の炭化水素を使い、若干のベンジルアルコールを添加する。これを使用する目的は、この小さな物質を除去することであった。すると、また違ったレベルの層が見える。ここを起点として、何層にも重なる加筆の層を除去することができた。

The problem was what was under the varnish, and we removed all the retouches. Under the complex situation with many different layers, the best way to deal with it was once again by emulsion. We also used an emulsion with citrate. This is the strategy I mentioned earlier: instead of using xylene, you use another hydrocarbon, non-aromatic, and add a little benzyl alcohol to it. The purpose of applying it was to remove this small amount of material. Here, you see again different levels, and starting from here, removing layers of overpaint could be achieved.

質疑応答

質問 1：彩色彫刻作品の絵具層の構造は、どのような方法で調査したか？

クレモネージ：単純にクロスセクションであった。サンプルを採取し、それを樹脂の中に包埋して顕微鏡で観察する。そしてガスクロマトグラフ質量分析計で、各層の分析を行い、絵具の媒剤の同定ができた。これは卵であることが分かっている。これは一種類の媒剤であり、これは混合媒剤である。これが膠、この2層が油を媒剤とした絵具である。

早川：日本では、クロスセクションの調査は厳しい制限がある。新たにサンプルを採取することは難しく、落ちた破片でないと調査できない。この例では、すでに落ちて元に戻せない剥落片をサンプルとして分析したのか？

クレモネージ：私は、サンプルに関して強い信念を持っている。試料を劣化した部分から採取すると、欠落している要素がある。絵具の媒剤は、そこにはもうないかもしれない。すると、誤った情報を得ることになる。「壊れてないきれいな表面のサンプルが欲しい」と美術史家〔訳註：イタリアでは文化財監督局 Soprintendenza 等で修復事業を管理する職務にあたる〕に言うと、いつも憤慨される。けれども、正確な情報を得るにはそうする必要がある。

質問 2：信越化学工業株式会社の高山です。KSG-350Z を高く評価頂き、会社を代表して感謝申し上げます。クリーニングにおいて、実際に製品をどのように使うのかご説明頂きたい。繰り返しになるかもしれないが、会場の方々も興味があると思う。

クレモネージ：この材料は、様々な形で使用することができる。競合他社の Velvesil という商品を使った画像をいくつかご紹介したが、実は KSG で全く同じことができる。より多くの溶媒を混ぜられるため、KSGの方がライバル商品よりも使い勝手が良い場合が多かった。極性溶媒を加えてワニスや加筆の除去や、親水性のものを多めに入れてこのような作業も行った。ここでも、KSGで作成したエマルジョンをテストしたが、KSGが選ばれなかったのは、保存修復専門家^{コンサーヴァター}が単純に価格の理由からこちらを求めたためだった。シリコン系のエマルジョンは、他の伝統的材料と比べて高価である。スポンサー

Questions and Answers

Questioner 1: What was the investigation method for the structure of paint layers of the polychromed wooden sculpture?

CREMONESI: It was simply a cross-section. A sample was taken, embedded in resin, and observed under a microscope. Then, each layer was analyzed by gas chromatography/mass spectrometry, which enabled the identification of the binding medium. We know that this is an egg. Here, we have a binding medium. Here, we have a mixed medium. This is glue. These two are oil-based paint.

HAYAKAWA: In Japan, investigations with cross-sections are strictly limited. It is difficult to take a new sample, and we are obliged to use a sample that has already come off. Did you analyze the sample that fell off and could no longer be replaced on the original?

CREMONESI: I have a strong policy regarding samples. If we take a material in an area that is deteriorated, there is a missing part. The binding medium might have been lost. We obtain false information. Art historians always go crazy when we say that we want to sample from the intact surface. However, if we want real information, that is what we have to do.

Questioner 2: My name is TAKAYAMA from Shin-Etsu Chemical Co., Ltd. On behalf of our company, I appreciate your high evaluation of our product, KSG-350Z. Could you tell us how this product is actually used for cleaning purposes? You may have to repeat yourself, but I think this will be of interest to the audience.

CREMONESI: The product can be used in many different ways. I showed some images with Velvesil, another product from a competitor company, but it produced exactly the same results that we obtained with KSG. Furthermore, most of the time, the results are better with KSG because we can put a larger amount of solvent in it. We put polar solvents to remove varnishes and retouches, or we use the aqueous phase in situations like this. We also tested an emulsion made with KSG. The reason the emulsion was not used was that the conservators preferred this one only because of its cost. Silicone-based emulsions are more expensive than oth-

が最終的に意思決定を行う。これは、われわれの判断ではなかった。

シリコンゲルを用いて、汚れや艶出しクリームを除去し、オリジナルのワックスの層を保存した木製の聖歌隊席のスライドも紹介した。これは surface cleaning(表面のクリーニング)であるが、実際のところ物質の除去を行う。このゲルは、保存修復処置の目的のために様々な方法で利用可能であり、アクリル画などの現代絵画への適用はとりわけ重要だ。というのも、アクリル画の絵具層に悪影響を及ぼすことなくクリーニングできる、数少ない選択肢だからである。2020年ヨーロッパでは、残念なことに環境問題でシクロメチン D5 が使用できなくなるため、大きな問題に直面している。

質問3：100年後、200年後のために、現在、先生がされているコンサベーションの方法や材料について、記録を残していく必要があると思う。コンサベーションの記録を残すためのスキーマやシステムについて、先生は何か活動していらっしゃるか。

クレモネージ：数十年前と異なり、今は美術館で仕事をするときも、あるいは公的なコレクションの場合にも、作業のあらゆる段階と使用した全ての材料について記録することが義務化されている。40年前は、適切な材料を使用してクリーニングを行ったと言えば十分だったが、今は適切な材料は何かということを知る必要がある。

今日、さらに重要なことがあると個人的に考えている。サンプル採取はもちろん非常に限定された方法で行わなければならないが、作品に対して実際に我々が何を行ったのかを見るために、修復処置後のサンプル採取を始めるべきだと思う。

er traditional materials. The sponsor decides. It was not our choice.

You have also seen the slide of silicone gel used to remove grime and polishing pastes from wooden choirs, conserving the original wax layer, which is surface cleaning. Something like this is an actual removal of materials. We can use this gel in conservation in a variety of ways, and it is particularly important for contemporary paint for acrylic media because it is one of the few possibilities for cleaning acrylics without interfering with the paint layer. Unfortunately, in Europe in 2020, Cyclomethicone D5 will no longer be available because of its environmental impact, which is a considerable problem.

Questioner 3: For the conservation of artwork one or two hundred years in the future, I think we must document the methods and materials used. For the purpose of documenting the conservation, materials, and methodologies, is there a plan or system in place? Do you have any activities relating to documenting your methods and materials?

CREMONESI: Unlike a few decades ago, today when you work in museums or in public collections, you are required to document every step of the intervention and all the materials. If you go back 40 years ago, you may report that cleaning was done "with proper materials," but now you need to report what those proper materials are. However, in my view, we should start doing something more important, which is sampling the artwork after intervention to see what we have actually done, though sampling should be done in a very limited way.

編集後記

本報告書は、令和元（2019）年10月11日に保存科学研究センターにて行われた、「文化財修復処置に関する研究会 ―クリーニングとゲルの利用について―」の講演記録になります。

講師には、イタリアから保存科学者パオロ・クレモネージ氏をお招きしました。クレモネージ先生は、ヨーロッパ各地で保存修復専門家コンサーヴァターに実務に役立つ科学の授業を講義されている他、修復に際した調査・助言等も行われており、その実践に密着した科学的論理の指導によって、数多くの修復現場で科学知識に基づく精度の高い修復処置が実現しています。

この研究会は、それに先立つ10月8日から10日に行われた「文化財修復処置に関するワークショップ ―ゲルやエマルジョンを使用したクリーニング法―」を受けて開催されたものです。ワークショップは文化財修復に必要な化学知識から実践まで対象としましたが、本研究会ではその内容を数多くの画像を用いながらクレモネージ氏ご紹介いただきました。

併せて、東西の修復現場でクリーニングのお話を修復の専門家から頂き、研究所での研究事例のご紹介もご報告する中で、文化財のクリーニングを取り巻く状況が大きく変化しようとしていることも明らかになったのは大きな成果でした。

当日の発表は、クレモネージ氏は英語、日本人講師は日本語で行い、同時通訳による翻訳が行われました。その内容を元にまとめましたのが本報告書になります。

大型台風が近づく中での開催となり、発表順序は当初の予定を変更せざるを得ませんでした。そのような中でも快くご発表にご協力いただきました外部講師の皆様には改めて御礼申し上げます。なお、本報告書では、当日の発表順序ではなく当初予定の順に戻して掲載しております。

令和3年3月1日

独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所

保存科学研究センター

早川典子、鳥海秀実、内田優花、中村恵里花

※パオロ・クレモネージ先生を外国人招致研究者として採用し助成頂いた公益財団法人文化財保護・芸術研究助成財団に深く感謝申し上げます。

「文化財修復処置に関する研究会 ―クリーニングとゲルの利用について―」

令和3年3月17日 発行
編 集 独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所
保存科学研究センター 修復材料研究室
発 行 独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所
〒110-8713 東京都台東区上野13-43
TEL 03-3823-2241 (番号案内)
FAX 03-3823-4835
URL <http://www.tobunken.go.jp/>
印 刷 能登印刷株式会社

©東京文化財研究所 2021 Printed in Japan
※本書の無断転載を禁じます。

Seminar on Restoration Treatments for Cultural Property
– Cleaning and Gels –

Date of issue: March 17, 2021
Edited by: Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage
Tokyo National Research Institute for Cultural Properties
Center for Conservation Science, Restoration Materials Section
Published by: Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage
Tokyo National Research Institute for Cultural Properties
13-43 Ueno Park, Taito-ku, Tokyo, 110-8713 Japan
TEL +81 (0) 3-3823-2241 (switchboard)
FAX +81 (0) 3-3823-2434
URL <http://www.tobunken.go.jp/>
Printing: Noto Printing Corporation

©Tokyo National Research Institute for Cultural Properties 2021 Printed in Japan
All rights reserved. Reproducing all or any part of the content is prohibited.

