

土器の修復

森 恭 一

はじめに

大多数の土器は、欠損している部分を石膏やモデライトで充填されている。しかし、展示などで活用する場合の一般観客への視覚的影響、輸送や展示の際の強度、埴輪など大型資料の重量や強度の点などで、石膏やモデライトが充填材として適していない場合がある。また、充填や整形の際に遺物の表面を汚したり、5年程度で再充填が必要になることがあるため、土器に多くの負担をかけることになる。そこで、土器の修復の一つの選択肢として、10年以上前から使用されている合成樹脂による修復を紹介したい。

I 修復のプロセス

1 目的の設定。

すべての遺物に対して、展示レベルの修復を行うことは、今の状況では現実的ではない。そこで、個々の遺物の状態や種類、活用方法により、使用する材料や方法を選択する方が合理的である。そのためには、まず何のために修復するかという目的（写真撮影、実測、展示・活用、保管など）を決定する必要がある。時々誤解されることがあるが、接合や充填は修復の技術や過程であって、それ自体は目的ではなく、「目的」のために修復するのである。

接合面の摩耗などの遺物にかかる負担は、再修復、つまり接合や充填の時にかかることが多い。再接合や再充填の回数を可能な限り減らすために、目的自体も現在の必要性という近視的なものより、長期的な視野で判断することが望ましい。

2 技術、材料の選択

土器だけではなく、埋蔵文化財の保存修復において重要な部分である。ここでの選択を誤ると遺

物に不必要な負担をかけることになるので、目的や条件を十分に分析し、技術、材料を選択する必要がある。しかし、選択肢の中に、すべての条件を問題なく満たすものが存在する確率は高くない。そのため、選択肢の数を増やす、つまり、技術や材料の知識を増やすことと、選択肢それぞれの利点・欠点を考慮し、欠点を上回る利点があるものや、長期的にみてリスクの最も少ないものを選択する、リスクコントロールに基づいた判断が現実には要求される。

土器の修復には石膏、遺物の取り上げにはウレタンと、遺物の個体差を考慮せずに習慣的、画一的に対処する場合があるが、石膏やウレタンは1つの選択肢であり唯一ではない。また、同じ石膏やウレタンを使用するにしても、処置の方法は様々であり、その方法により結果が大きく変わってしまうことがある。目的や条件を考慮せずに技術や材料を選択するのは、無駄も多く遺物にも危険である。選択には、状況の的確な判断と柔軟な対応が要求される。

どの技術や材料を選択するにしても、いずれは材料が劣化して交換することになる。また、今後、より良い材料が開発されることもあるので、埋蔵文化財の保存修復には、可能な限り遺物に負担をかけずに転換できるような材料や技術、つまり、簡単に除去できるものを選択したい。しかし、現実的には、不本意な材料や技術を選択せざるを得ない状況にあたる場合がある。その場合は、可能な限り遺物への負担を軽くする措置を講ずると共に、将来の再修復のために、状況、使用した材料などの詳細な記録を残すことで対処する。

選択肢には、「する」という方向があれば「しない」という方向もある。どの方法であっても、接合や充填は遺物に負担をかけることになるので、接合や充填以外に、I-1で設定した目標を達成できる方法を考えることも必要である。

3 実施

実施に際しては、使用器材も含めた作業環境に配慮が必要である。整備された環境は作業効率を上げ、遺物の破損などの事故を減らすことになる。

II 合成樹脂による充填

1 合成樹脂

樹脂(resin)とは、主に植物が分泌する俗にヤニと呼ばれる物質である。代表的なものに、ゴム、漆がある。

これらの天然樹脂に対し、石油から作られる同様の物質を一般的に「プラスチック」と呼んでいたが、この用語の本来の意味から「弾力のある材料」という錯覚を与えるため、今では合成樹脂(Synthetic resins)という用語が一般的である。

現在、接着剤の多くは合成樹脂で作られている。また、日常生活の中のあらゆる所に用いられ、エポキシ、アクリル、ポリエステルなど種類も様々な物が出回っている。これらの樹脂は性能や特徴がそれぞれ異なるので、使用目的に合わせて選択する。

市販の樹脂の形態は主に、単品で硬化する1液性と、主剤と硬化剤を混ぜる2液性の物がある。

一般的な合成樹脂の性質は、温度が高くなれば硬化速度が早くなり、硬化速度の早いものは収縮しやすく脆い。熱をかけると軟化する。硬化前は不安定で劣化しやすい。2液性の混合比は、不正確だと設計性能が出なかったり硬化不良を起こす場合と、比較的、許容範囲の広いものがある。

今回の土器の修復には、2種類の樹脂を使用するが、メインの樹脂には主に次の理由からエポキシ樹脂を使用する。

- ・「安定していること」 硬化後は長期間変質せず、修復回数を少なくできる。
- ・「熱に弱いこと」 除去する時にドライヤーなどで簡単に柔らかくなる。
- ・「硬化する時に収縮が少ないこと」 変形や遺物に無理な力がかからない。

2 充填材としての利点

欠損部の充填材に合成樹脂を使用する利点を要約すると、比重が小さい、粘土状である、着色しやすい、簡単に質感や細部の形状を表現できる点

にある。

合成樹脂は、石膏等と比べて軽く、強度があるため、石膏等では充填部を保持するために遺物の上に被せたり、厚くしたり、裏打ちや支えが必要になる部分でも、遺物と同じ厚みで充填部を保持することが可能である。そのため、全体重量の軽減、充填部の重量軽減による遺物本体への負担の軽減という効果があり、これらは埴輪等の大型資料で顕著となる。

今回使用する樹脂は形状が粘土状であり、簡単に扱え、実際に土器を製作するのと同様に欠損部を製作することができる。そのため、当時と同じような技法で、縄文や沈線、突帯が表現でき、添加する増量材によって自然な土の質感が表現できる。また、整形は削る必要がないため、石膏等のように、削りカスによって遺物を汚したり、作業者の健康を害したり、金属製の遺物を腐食させたりすることがない。

遺物の色と石膏の白は明度の差が大きく、本来なら非常に違和感を感じるはずだが、青銅を緑色の金属だと誤解するのと同じように、見慣れることで違和感を感じなくなっている。しかし、写真撮影の場合や展示として一般の観客が見る場合、明度の差が問題になることがある。そこで、充填材に着色をするが、合成樹脂は岩絵具等が混ぜやすく、また、彩色もしやすい。

単純に材料単価のみを比較すると、石膏より合成樹脂の方がはるかに高価である。しかし、修復にかかるのは材料費だけではなく、人件費などは経費に占める割合が大きい。合成樹脂は、屋外や直射日光が当たる場所に置かなければ長期間変質しないため、吸湿して短期間で劣化する石膏等に比べて、再修復の回数を少なくできる。このため、長期間、展示その他での活用を目的としている遺物であれば、修復にかかる総合的な経費は、石膏等より少なくて済むことになる。また、最も重要なことは、再修復の遺物に与える負担が少ない点にある。

3 樹脂の使用法

(1) アラルダイト X N 6105

修復のメインとなる樹脂は、商品名「アラルダイト X N 6105」(以下 X N) というエポキシ樹脂である。この樹脂は2液性で粘土状の樹脂であり、

主剤と硬化剤を1：1の割合で良く混合して使用する。硬化不良を起こすおそれがあるので、両者の計量は電子天秤を使用して正確に行う。そのままだと粘度が高く充填や細工がしづらいので、増量材を混ぜて使用する。増量材には、鹿沼土を理化学オープン等で良く乾燥させ、乳鉢で砕いて篩にかけて粉が土の質感をよく表現する。遺物の土が粒の荒いもの場合には、篩に残った方の粒を混ぜたり、粒の荒めの方解末を混ぜるとよい。この他にも、フェノールマイクロバルーン、タルク等色々なものがあるが、湿気を帯びた増量材は樹脂の硬化を阻害し、性能を低下させるので使用できない。

XNは赤みが強く、遺物により色が合わない場合がある。その時は日本画に使用する新岩絵具の「緑青」を混ぜて色を調整する（詳細はIII-6）。

充填作業は混合後20分程度、細工は40分程度行える。完全硬化は16時間程度（25℃）が必要である。作業内容で樹脂の混合量を加減すると無駄を少なくできる。また、温度が上がると硬化が早くなるので、手での混合は熱が伝わらないように、すばやく混ぜるようにするとよい。

(2)ニューファイター5

次に、補助的に使用する樹脂であるが、商品名「ニューファイター5」（以下NF5）というポリエステル樹脂を使用する。この樹脂は2液性のペースト状の樹脂で、硬化後の質感は、樹脂の硬質な感じとなる。今回のように補助的に使う時は、増量材を混ぜずに使用する。この樹脂は硬化物が鮮やかな青色になるため、赤茶色の顔料を混ぜて使用する。硬化時間が2分程度と短いので、あらかじめ硬化剤に顔料を混ぜて色を調整し、パトローネケースなどに分けておくと使いやすい。

主剤と硬化剤の本来の混合比は100：1であるが、破断や除去を容易にするのに強度を落とすためと、硬化時間を早くするために、10：3～5程度の混合比で使用する。計量は見た目で見えないので、色々試して、混合した時の色と硬化時間を感覚的につかんでおくとよい。ポリエステル樹脂は収縮しやすいが、特に今回のように硬化剤を大量に入れて、硬化速度を早めると発熱して収縮するので、使用する時に対策をとる（詳細はIII-5）。

主剤と硬化剤の混合の仕方は、ヘラなどでシリ

コン板の上に主剤をとり、そこに硬化剤を添加し、スパチュラ（詳細はIII-4）の先の丸い方で混合する。この時、スパチュラの先だけ使うと効率良く混ざらない。たいらな面をすべて使って薄く延ばすように混ぜるとよい。硬化の途中は寒天状となり、簡単に切削できるので、整形や穿孔など加工が必要なものはこの状態の時にすると、硬化後の加工より楽である。また、万一、不必要な部分に樹脂が付着した場合も、この状態の時にデザインカッターで静かに剥がすようにすると、比較的、負担をかけずに剥がすことができる。

4 使用上の注意

今回使用する樹脂は、主剤と硬化剤が別々の容器に分かれている。この混合前の「樹脂の先駆体」の状態の時は不安定なので、古いものや変質している場合、増量材が湿気を帯びている場合は、完全に硬化しなかったり、硬化物の表面に液体分が浸出したりする硬化不良を起こすことがあり、除去するのに手間がかかるので注意が必要である。このため、状態が不明なものは、あらかじめ適当な量の樹脂を硬化させる硬化試験をおこなう。NF5は使用直前に、XNは一定期間毎に行うと安心である。

主剤と硬化剤を容器から取り出す時は、それぞれ専用のスプーンを使うか、同じものを使うのであればエタノールで良く拭いて、主剤と硬化剤が相手の容器を汚染ないように使用する。また、XNの容器の蓋は同形なので、取り違えないように内容物を明記し、きちんと密閉する。

樹脂を購入したら容器に日付を記入し、冷暗所に保管する。開封した場合も日付を記入し、どちらの日付も古くなったものは使用しない。

合成樹脂を冷蔵庫で保管する場合、取り出してすぐ開封すると結露で水分が混入するので、開封せずに室温へ戻してから使用する。ただし、樹脂を毎日使用する場合は、温度変化で劣化を早めるので冷蔵庫は使わない方がよい。

硬化剤は皮膚に付着すると皮膚炎を起こすことがあるので、作業には手袋やヘラを使用し、長時間、直接触らないようにする。また、大量に使用する時には換気にも注意する。もちろん硬化物に問題はない。

エポキシ樹脂には、管理濃度が設定されている

物質は含まれておらず、使用に際して手袋をする、換気をするなどの簡単な注意を守れば、影響を遮断できると考えられる。合成樹脂の使用に不安を感じる場合は、先入観だけで不安がらず、毒性などのデータに基づいた認識と、正しい防御手段を取れば安全であることを理解する必要がある。

* 液状エポキシ樹脂のラットにおける経口毒性は
LD₅₀ = 30,000mg/kgが報告されている。

(日本医事新報)

XNは液状樹脂に増量材を混ぜ粘土状にしたものなので、30,000mg/kg以上となる。

III 樹脂を使用した修復の実際

1 作業環境

効率の良い作業環境に求められるものは、集中力を長く持続できることである。集中力を持続できない場合の多くは、作業テーブルの高さが体に合っていない場合や手元が暗い場合が多い。作業テーブルが高いと、自然と肩を持ち上げることになり疲労や肩こりの原因となる。両方の腕を、前に90度に曲げた時の肘の位置よりテーブルが低い方が疲労が少ない。また、手元が暗い場合も疲労するので照明を用意するとよい。

作業環境と作業効率の関係について、見過ごされている場合が多いが、両者は密接に関係している。集中力の低下は、効率の低下のみならず破損事故等を招いたりするので、作業環境には普段から留意する必要がある。

2 破損事故の防止

破損事故は、資料の持ち方が悪かったり、資料の上で物の受け渡しをしたり、接地面積の少ない資料を何の支えもなく放置するなど、予測と遺物への簡単な配慮で防止できることが多い。予測や配慮はシートベルトと同じで、最初は面倒でも、習慣や感覚にすれば自然と実行できるようになり、破損事故を防止するのに効果を発揮する。

3 接合

土器の修復で重要なのが破片の接合である。通常は、セメダインCで接合するのが無難である。将来、除去する時に面倒なので、ボンドなどは使用しないことが望ましい。

接着面が粉状になった遺物は、接着剤を大量に使っても接合できない。そこでアクリル樹脂で接着面を強化し接着する。アクリル樹脂「パラロイドB72」キシレン溶液（濃度20%程度）を、遺物の表面に染み出させないように、付け過ぎに注意しながら接着面の中心に細く塗布し、キシレンが蒸発してから接着剤で接合する。

土の粒が荒く、接着面が脆弱な遺物の場合は、接着面に隙間が多くて液状の接着剤は強度が出にくい。このような時は、粉状の遺物と同じ様に接着面を強化した後、接着剤にフェノールマイクロバルーン（FMB）を混ぜ、空間充填性を持たせて使用し、接着後のつなぎ目にXNを充填して補強したりする（詳細はIII-5-2）。

接着面の強化と同様に、B72溶液での遺物の表面の強化も可能ではあるが、使用には注意が必要となる。B72はアクリル樹脂であり、比較的、変質しにくい樹脂だが、それでもいつかは劣化する。劣化する前にB72を新しい樹脂と交換すればよいが、交換しないと樹脂が遺物の表面ごと剝離する可能性が考えられる。遺物の表面をB72で強化する場合、特に墨書土器などに対して使用する場合は、B72がいずれは劣化するという点を考慮し、事前に対策を立てる必要がある。

埴輪のように破片に重量があり、馬埴輪の首の部分のように、垂直に近い接着面がある時は、接着面の強度だけで重い頭を支えなくてはならない。また、移動の時に横や斜めにすることがある人物埴輪も、接着面の強度だけで重い頭を支えなくてはならない。このような接合には、首の内部に補強材を入れるのが簡単であるが、不可能な時は、接着面を充分強化し、接着剤をセメダインCから条件に合う別の接着剤に切り換える必要がある。

接着剤の強度が必要な場合、普通は硬化物に強度のある「固い」接着剤を使うことが多いが、温度変化が激しい場合や、輸送などで瞬間的に衝撃を受けることが予想される場合には、柔軟性がある接着剤を選択する。具体的に、固い接着剤ではエポキシ系の接着剤、例えば「アラルダイトAY103セット」にFMBを混ぜて粘度を調整したものが使いやすいと思う。柔軟性のある接着剤では、同じくエポキシ系の接着剤「アラルダイトAW106セット」か、マスチック接着剤「PM300」等がある。

ただし、これらはほんの一例であり、目的や条件により接着剤の性能表から適宜選択する。

どの接着剤を使用する場合も、重要なことは、必要以上に接着剤をつけないことと、接着後すぐに動かさないことである。

接着に必要な接着剤の量は決まっており、それ以外は不要なばかりか、硬化を阻害する場合がある。破片を合わせた時に接着剤が広がることを考慮し、表面にはみ出さない場所に、はみ出さない量を使用する。万一、表面に接着剤が付着した場合は、すぐにはこすらず、硬化してからデザインカッターなどで慎重に除去する。その際、溶剤は使用しない方が無難である。特にアセトンは表面を白く汚すので注意する。遺物に接着剤をつける時は、チューブから直接つけずにスパチェラ等でつければ、量や場所を加減することが可能となる。

接着剤の硬化には規定の時間が必要である。硬化の最後の1分を惜しんだために再接合になることがよくある。硬化を待つ間、時間が無駄な気がするが、再接着の手間（接着は初めてが一番着きやすく、回数が増える毎に着き難くなる）や遺物の負担の方が無駄である。

接着の時、重力を有効に利用することも重要である。重力の方向と手で押さえる方向を同じにすれば、手を放しても重力が手の代りをする。

補助的に粘着テープを使う場合は、マスキングテープが、柔らかくコシがないので使いやすいと思う。ガムテープは、どんな場合でも遺物に使用しないほうがよい。どのテープを使うにしても、接着完了後はすぐ剥がす必要がある。

3つ以上の破片を同時に接合する必要がある場合、1つ1つを接着していくのではなく、すべての破片を同時に接着する方法をとると、手では固定しづらいものや、接点の少ないものでも精度の高い接合が可能となる。具体的には、油粘土で土台を作り、組み上がった状態に破片を並べる。この時、破片と粘土との間にラップをひいて、破片を汚さないよう注意する。曲線がきつものや破片を密着させる時は、竹ぐしを粘土にさして外周を支える。各破片の高低は、土台の粘土の増減で調整する。完全に組み上がった状態に破片を調整したら、目地に接着剤を差して接着する。また、必要があれば目地を充填する（詳細はIII-5-2）。

4 充填の準備

使用する道具は、歯科用工具のセメントスパチェラ、エキスプローラ、両頭練成充填器、樹脂を練るためのシリコン板、硬化前の樹脂を切つて細工するデザインカッターがあれば、基本的な作業は行えるので、あとは古代人のように身の回りの色々な物で試していただきたい。

樹脂は粘土状なので、陶芸の道具が利用できるが、扱いやすさの点から歯科用工具をおすすめする。（写真1）

セメントスパチェラは非常に便利な道具である。基本的な使い方は、先の丸い方は、握るように持って樹脂を混ぜたり平面を仕上げたりする。先の三角の方は鉛筆を持つように持って、狭い隙間に充填したり細かい細工をする。新しいものは固く使い難いので、自分の手に合わせて調整する。基本的な調整の仕方は、先の丸い方は、平面のどちらか一方の面に砥石をかけて若干薄くし、平面を砥石につけたまま軸を上にし少し持ち上げて平面全体に曲りをつける。先が三角の方は、鉛筆のように持った時に三角の一辺が水平に接地するように調整する。また、そのまま90度回した平面側の先も、少し曲げておくと使いやすい。後は実際に使用しながら調整していく。（写真2～5）

スパチェラやシリコン板、手など、樹脂が付いたものを拭くのにエタノール（エチルアルコール）を多用する。エタノールは消毒用ではなく、試薬の1級など濃度の高いものを使いたい。エタノールをその都度、容器から出すのは不便なので、500ccのポリ洗浄ビンに移して使用する。

接合や充填の支えに使うマスキングテープは、ディスペンサーに入れて、片手で扱いやすくしておく。

シリコン板は、RTVシリコンゴムのTSE3503かKE12で、13mm程度の厚さに製作する。

作り方は、まず主剤を開封し、表面にオイルが分離しているので攪拌棒でよく攪拌する。特に底の方にシリコンが貯まっているので上下よく混ぜる。次に、攪拌した主剤をシリコン板に必要な量をポリカップなどに計量し、キャタリスト（触媒）を添加する。キャタリストの種類と量であるが、3503は付属の3503Bを5%（重量）、KE12はCat-RMを0.5%（重量）である。キャタリストを添加したら同じくよく攪拌する。カップの側面

や底面を擦るように攪拌しておく、後でカップの清掃が容易になる。よく攪拌したら型に流し込む。型はシリコンが接着しないポリ、ガラス等で平面があれば何でもよく、底のたいらなタッパーは柔軟性があって成型品を取り出しやすい。型に流し込む時は、一気に流し込むと硬化までに気泡が抜けず、成型品に気泡が多くなるので、40cm程度の高さから攪拌棒でシリコンを糸状に、型全面に散らしながら少しずつ流すと気泡が抜けやすい。攪拌に使用したポリカップは、シリコンが硬化してから剥がすと簡単に清掃できる。手などに付着したものはエタノールで拭く。シリコンは浸透力が強いので、遺物や服などに付着しないよう注意が必要である。一晩おいてシリコンが硬化したら、型から取り出してエタノールで表面のオイルを拭き、バリはハサミで切り取っておく。なお、このシリコンは複製（レプリカ）製作の型取りにも使用できるものだが、注意事項があるので型取りに使用する時は事前に問い合わせていただきたい。

5 充填

充填の方法には幾つかあるが、XNと補助的にNF5を使用するやり方と、XNのみで充填するやり方を紹介する。前者は内側の仕上りを気にしないものや、厚みのあるもの、充填部で重量を支えながら全体を組み上げていくものに、後者は薄物や皿、碗のように内側が良く見えるものに適している。

充填の時に注意したいのは、遺物の表面に樹脂をつけて汚さないことである。特に充填部と遺物の境目は、擦って樹脂を遺物に被せやすいので注意する。また、樹脂の液体分で染みを作ることがあるので、樹脂を触った手で遺物を触らないようにする。

XNは充填材の量によって、充填のしやすさ、表面の質感や細工の仕上がりが変わってくる。形状によって異なるので、一概に鹿沼土を何%混ぜるといえないが、細かい細工の時や目地詰めの際は、樹脂の表面の艶が無くなるくらい多めに混ぜ、輪積みや口縁など樹脂を立ち上げる時は、少なめの方が細工しやすいように感じる。色々試してみても感覚を掴んでいただきたい。

いずれにしても、細工を行う上ではXNは粘土

と同じなので、陶芸などの技術が参考になることが多い。

(1) 補助的にニューファイター5を使う場合

II-3で説明したようにXNは粘土状なので、充填部の内側を支えないと、硬化中に自重で表面が窪んでしまう。小さい面積や隙間はマスキングテープで構わないが、広い面積は塞ぎ切れない場合がある。そこで、ほかにも色々と応用が利くのでNF5を使用した方法を紹介する。

まず、充填部の内側にマスキングテープを貼って、充填部を内側から塞ぐ。この時、テープは充填部の角から貼って行くと、内側の曲線を表現しやすい。また、テープ以外にも、印画紙の裏側や薄めの下敷など、樹脂が接着せず適当に腰のあるものなら何でもよい。充填部の面積が広くて、テープだけでは窪んでしまう場合や曲線をだしにくいときには、印画紙や下敷を1cm幅程度のテープ状に切り、充填部内側の真真中に橋をかけるように渡してからテープを貼ってゆくとよい。なお、印画紙などの両端は遺物の内側にテープで貼ったり、洗濯バサミでとめるようにする。(写真6)

内側をテープで塞ぎ終わったら、硬化剤をよく混ぜたNF5をスパチュラで薄く(1mm程度)塗ってゆく。薄くするのは、樹脂が厚いと収縮が大きくなるのと、強度が増すのを防ぐためである。

内側をすべてテープで塞いでから樹脂を塗ると、印画紙の厚みの分だけ内側に印象が残るので、平坦にしたい時は、2回に分けてNF5を入れるか、樹脂が硬化する前に彫刻刀などで削ってしまう。2回に分ける場合は、テープを貼る前の印画紙のみの状態にNF5を塗り、硬化後に印画紙を剥がすと帯状の硬化物が出来るので、それにテープを貼って欠損部を塞ぐようにすれば内側は比較的平坦になる。帯状の硬化物の収縮が気になる時は、収縮した時に正しい曲線となるように、収縮分を見越して印画紙の曲線を大きめにするか、印画紙に塗る時に、1本にならないように分断して一旦硬化させ、後で分断した所をつないで1本にするなど、硬化を2回に分けると収縮の影響を少なくできる。

充填する時にXNが滑るのを防ぐため、NF5を塗る際に、スパチュラで小さな突起を幾つか作っておくとよい。

スパチュラは使用前にエタノールで拭き、使用後も、樹脂の硬化中にカッターで削ぎ落とし、エタノールで拭いて常にきれいにしておく。

NF5が硬化したら裏のテープ類を剥がし、XNを充填する。XNは少量を充填部に入れていくよりも、あらかじめシリコン板の上で充填部の大まかな厚さと形にしてから、はめ込むようにすると充填しやすい。広い面積の場合も、適当な大きさの板状（ブロック）にしておいて充填部の端から順次はめ込んでいく。樹脂の高さ（厚さ）を遺物の表面と合せる時は、硬化してから削るのでなく始めから表面を作るので、頭の切り換えが必要である。樹脂と遺物とが接触する境目はよく目立つので、スパチュラの三角の先で、表面と同じ高さになるように、隙間ができないように丁寧に密着させていく。その時、樹脂を遺物の表面に被せたり、擦って汚さないように注意する。

表面の片側を調整していると、別の所が変形する。これは、XNがNF5の上で滑って動くため、これを防ぐためにNF5に突起を作ったり、木工用の瞬間接着剤を、NF5に少量つけてからXNを充填すると固定することができる。充填する時、上から圧縮すると硬化中に盛り上がってくるので、静かに載せる感じで充填する。また、樹脂の高さが高い場合も、圧縮すると盛り上がるので、カッターなどで切除し表面を整える。

多めに充填して硬化後に余分を切削するのは大変なので、形状や高さがとりづらい時は、少なめに充填して再充填で完成させる。これは樹脂充填の基本でもある。

沈線や刷目などはエキスポローラで、縄文は当時と同じ様な方法で硬化する前に入れておく。突帯など表面に付くものは、充填部を硬化させてからつけた方がやりやすい。

表面の調整や細工は、1回で行う必要はない。特に、広い面積や細工が複雑な時は、硬化時間内に作業を終えられないので、作業ができる分量ごとのブロックに分けて作業する。ブロックの分け方は、NF5の面に対して、水平に分けるか垂直に分けるかの2つある。水平に分ける、つまり積層していく場合、表面の高さが調整しやすい反面、厚みの無い遺物だと表面の層が薄く細工しづらい場合がある。次に垂直に分けた場合、表面の細工はしやすいが、初めの方のブロックの高さの調整

が難しい。どちらの方法も、前のブロックとの接合面を、木工用の瞬間接着剤で接着していくと作業がしやすい。樹脂の継ぎ目を無くしたり、なめらかに仕上げる時は、遺物の表面を汚さないように注意しながら、エタノールをつけたスパチュラや布で樹脂が硬化する前に擦るとよい。充填や細工を始めると、スパチュラやその他の器具に樹脂がつき作業がしづらくなるので、作業中は度々エタノールで拭くようにする。

充填部の内側もXNにする場合は、NF5の層を作る時に、内側の表面から一段落とした所に層を作り、その層をはさむように内外両方の表面をXNで作るようにする。一段落としたNF5層の作り方は2つある。充填部を塞ぐマスキングテープや印画紙を、内側の表面に合せないで一段落させておき、そこにNF5を塗る方法と、あらかじめNF5で帯状の板を作って置いて接続する方法である。板は、2枚の印画紙の裏面同士の間10:1で混合したNF5をはさんで作る。硬化中に反るのを防ぐために、ガラス板などの重しを載せる。NF5の厚みは1~1.5mm程度にすると使いやすい。硬化後は帯状に切断し、さらに充填部の厚み方向の中心付近で曲線をつけた長さに切断する。これを少量のNF5で接着して充填部を塞ぐ。この壁を中心として、両側から挟むようにXNを充填すれば、表面のNF5の層を隠すことができる。帯と帯は隙間無くつける必要はなく、XNを充填の時に支える壁になればよい。

この帯状のNF5板を使用する方法は、埴輪などの大型資料を修復する時、特に、大きな欠損部が中間にある場所を下から組んでいく時に便利である。埴輪などの場合、内側の仕上りは気にしないので、3mm程度の、しならない厚い板で行う。大量に厚い板を作るには、樹脂が接着しないようにガラス板にラップをひいて密着させ、ガラスの四隅に3mm程度の厚みの木片等を置く。このガラスにNF5をゴムベラで必要な幅と長さに延ばし、この上にラップをひいたガラス板を載せて硬化させれば、3mm厚のNF5板を大量に作るができる。

例えば、人物埴輪の片側の脚部の中間が欠損している場合、地面側の欠損部の内側に壁を作るために、帯状の板を四角に組んでNF5で接着し、この上に胴体側の脚部を接着する。胴体側の加重

が大きい時は、この壁にNF5を塗って厚くしたり、表面に露出しない程度の幅の板をヒレのように接続して強化する。後は、XNを充填し表面を調整すればよい。この方法は、板の形を変えれば色々な部分での使用が可能である。

(2) XN6105のみの場合

次にXNのみで欠損部を充填する場合である。欠損部に厚みがある場合は、片側を下敷などで押さえて充填、硬化させ、内側、外側と2回に分けて充填すればよい。土師器などの薄物の場合、欠損部が大きい時は、指でつまんで厚みを表現できる幅の帯を、輪積みのように瞬間接着剤で接着しつつ下から順次組んでいく。その時、次の段を積みやすくするために、次の段との接合面は、カッターでたいらに切断しておく。XNは硬化の初期に接着力が無いので、欠損部に載せられる部分以外は、遺物と樹脂の接合面が接着しない。この時は、遺物の接合面をバラロイドB72で強化した後、極微量の木工用瞬間接着剤を何ヵ所かにつけて遺物と樹脂を接合する。薄物で欠損部が完形の半分以上になると積み上げる方法では難しくなるので、帯状にした印画紙の裏や下敷などで内側を支え、そこにXNを充填して外側の曲線と表面を作って硬化させる。この時に、内側の厚みや形は気にしない。口縁部は後で作るので、硬化前に遺物より一段落として水平に切除する。外側が硬化したら、内側をリユーターなどの回転工具や彫刻刀で切削し、充填、整形を行う。口縁部は外側と同じように切除する。内外が硬化したら、最後に口縁部を充填、整形して完成である。

XNを整形すると表面が平滑になり、光の反射率が高くなるために艶がでる。その場合は、硬化前にぼかし刷で軽く叩くようにしたり、サンドペーパーを押しつけたりして表面に細かい凹凸の印象を付けると、光を乱反射して艶消しとなる。

遺物の接合面の割れ目(目地)に、XNを充填すると、全体的な強度が増加する。目地充填に使用する場合は、鹿沼土を大量に(樹脂がぼそぼそになる程度)混入して、スパチュラの三角の先や、エキスプローラ、充填器などで充填する。その時、強く押し込まず軽く詰めるようにし、遺物の表面には被せないように注意する。

6 彩色

XNには、混合時に緑青を入れて色を調整してあるが、調整し切れない場合や違和感を少なくする場合は、アクリル絵具で彩色する。アクリル絵具は、「リキテックス」「アクリラ」などがチューブで市販されている。使い方は、乾くと耐水性になる以外は水彩絵具と同じである。

彩色する色をペーパーパレットの上で直接作るのは難しく、不自然な仕上りになりやすい。これは土器の色が実際には単色ではなく、色のついた土の粒が集合し単色に見えるためである。

彩色は、見かけの単色で行わず、ベースとなる色の上に、混合減色を押さえるために色を余り混ぜずに点描していくと自然な仕上りとなる。

ベースとなる色は、充填部の周りの一定の面積を拡大して、量が一番多い粒の色をベースとする。このベースの色は、XNの色を調整する時にも参考にし、できるだけ近い色に調整しておくとの彩色が楽になり、遺物によっては彩色の必要が無くなる。単色彩色の場合は、このベースの明度を多少調整した色にすると、比較的違和感のない彩色となる。ベースを見分ける時は、慣れれば色が見えるようになるが、慣れないうちは、拡大して粒の色を追った方が混色しない。

絵具は、初めの色に後の色も重なって発色するので、一度で色を仕上げようとせず、薄めた色で少しずつ全体の色を濃くしていく。薄める時は水で薄めて、マットメディウムを多少混ぜるとよい。水分が蒸発する前と後では色が異なるので、ドライヤーで乾かしながら行うと作業が早い。ただし、充填部の樹脂を加熱しないように、温風は遠くから短い時間あて、すぐ冷風で冷ますようにする。

樹脂の色がベースの色と著しく違う場合は、砥粉をマットメディウムと水で良く溶いたものか、アクリルガッシュを塗って樹脂の色を完全に隠してから彩色する。この場合、充填部の浅い文様等は埋ってしまうので深めに彫っておく。

ベースの色ができたなら、ベースの次に粒の量が多い色を彩色する。ただし、ベースのように筆で塗らずに点描をしていく。点描の仕方は色々あるが、細かい点は、固いぼかし刷の先をスプーンで弾くようにして、絵具を霧状に飛ばして点描するのが簡単である。(写真7) 充填部の周りは絵具が飛ぶおそれがあるので、表面をラップなどでカ

バーをしてから行う。大きめの点は、面相筆か、ばかし刷で叩くように入れていく。

彩色の仕上り具合は、ベースから何番目の粒の色までを拾うかによる。拾う数が少なれば充填部を認識しやすく、多くなれば、それだけ遺物との違和感が無くなっていくので、修復の目的により決定する。また、遺物に炭素などが付着した模様が充填部にかかっている時は、薄めの黒色で模様をつないでおく違和感が無い。黒色もベースと同じように薄い色を重ねていく。

7 合成樹脂の除去

充填した部分の樹脂を除去するには、リユーターなどの回転工具や糸鋸、ワイヤーソー（紐状の鋸）などで、遺物の充填部の縁を傷つけないように、遺物との接合部近くまで樹脂を切除する。ワイヤーソーは、ドリルで開けた細い穴から切断を開始できるので、遺物に囲まれた部分でも切断できる。樹脂を切除したら、ノズル付きのヒートガンなどで遺物にあまり熱をかけないように注意しながら充填部の縁に残った樹脂を温め、軟化したらデザインカッターで丁寧に切除していく。その時、カッターを厚み方向に動かすと遺物の縁が折れる場合があるので、縦に刻んでいくとよい。再充填するのであれば、遺物の接合面の窪みに残った小さな樹脂は無理に外さない方が、遺物に負担がかからない。

どんな理由であれ、いずれは充填部の樹脂を除去しなくてはならない。そこで充填する前に、濃いパラロイドB72を樹脂との接合面に塗布して一層作っておく。樹脂を除去する時は、遺物との接合面近くまで樹脂を切除した後、キシレンなどでパラロイドを溶かせば、遺物と充填した樹脂の間にパラロイドが存在するため、遺物の接合面を痛めず、また、手早く樹脂を除去することが可能となる。

おわりに

技術には到達すべき目標があるが、そこに至る道は数多く存在する。どの道を選択するにせよ、方向さえ間違えなければ、いつかは目標に到達できる。しかし、効率よく目標に到達するための道は多くはない。

長い歴史に裏付けられた技術や、規格化された製品を取り扱うのであれば、完成された個々の技術や蓄積された情報、つまり、効率よく目標に到達する方法を伝達すればよいが、本格的に始めてまだ日が浅く、情報の蓄積が進行中の分野では、日々継続する試行錯誤の中で、今日まで最適であった方法が、明日には否定されることがよく起る。そのような状況で、マニュアル化した一つの方法を伝達しても、単品であるが故にすべてに対し画一的に対応し、伝達側の予期せぬ弊害を引き起こす場合がある。

技術者を取り巻く環境や対象の条件は千差万別であり、それに対応していくためには、状況に対応する技術者本人が、柔軟な思考とインスピレーションによって数ある道の中から適した道を選択することが要求される。そこで、技術を短時間に伝達する場合は、1つ1つの技術の伝達以上に、「技術の方向」と「判断の元となる思考」の伝達が重要だと考える。

はじめにも述べたように、土器の修復での合成樹脂の使用は一つの方法であり、また、一つの選択肢であって、石膏での修復を否定するものでは決してない。石膏は充填材量として、硬化膨張という優れた性質をもっており実用的な素材である。しかし、合成樹脂と同じように石膏はあくまでも素材であって、適した場所に適した方法で使用されてこそ性能を発揮する。石膏の欠点とされる点も、歯科用石膏のような高品質の石膏を使用しなかったり、アクリル樹脂溶液を塗布するなどの吸湿対策を取らなかった場合、大型資料に使用した場合など、素材としての欠点というより、石膏をその性質が活かさない状況に対して使用したために出現した場合が多いように感じる。素材の選択は重要であるが、それ以上にいかに状況に対応させて使用するかが重要だと考えている。そのため、プロセスや方法をできるだけ詳細にしたつもりではあるが、動作でなければ表現できないことがたくさんあり、実際に、スパチュラの持ち方や樹脂の練り方など些細なことが効率を左右する。

昨年度、実験的に行った土器の修復実習会を、いずれ機会を見つけて本格的に開ければと考えている。各調査事務所の調査員の方で、現時点で初めて合成樹脂を使用される場合は、個別に照会いただけたら幸いである。

***謝 辞**

エポキシ樹脂の経口毒性等の資料は、当文化財センター産業医、千葉大学名誉教授 大谷克己先生に御教示いただきました。

また、保存修復技師の小平麻穂さんには貴重な助言を数多くいただきました。慎んでお礼申し上げます。

***参考文献**

- ・垣内弘「新エポキシ樹脂」昭晃堂
- ・「日本医事新報 No3684」1994・12
- ・「接着剤データブック」日刊工業新聞社
- ・「文化財科学文献目録」日本文化財科学会

<データ>

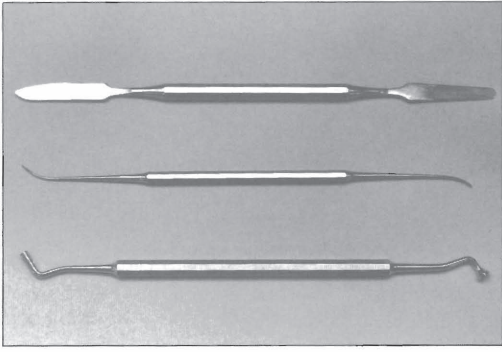
- ・アラルダイト X N6105、A Y103、A W106 (チバガイギー社)
- ・PM300 (セメダイン)
- ・T S E 3503 (東芝シリコン)
- ・K E 12 (信越化学工業)
→豊田化成 (03-3553-2031)
- ・ニューファイター5 (スピーディーツール社)
→桜井技術教材社 (03-3696-7185)

- ・両頭セメントスパチェラ#1 (コード11-551)
- ・両頭エクスプローラ#8 (コード01-208)
- ・両頭練成充填器#12 (コード03-012)
(製造元ワイデム・ヤマウラ)
→モリタ (03-3834-6161)

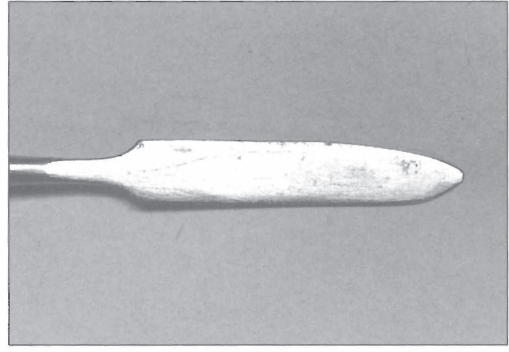
- ・リキテックス (ボニー)
- ・アクリラ (ホルベイン)
- ・新岩絵具、方解末、ペーパーパレット、ぼかし刷
→画材店

***合成樹脂を使用した土器の修復に関する文献**

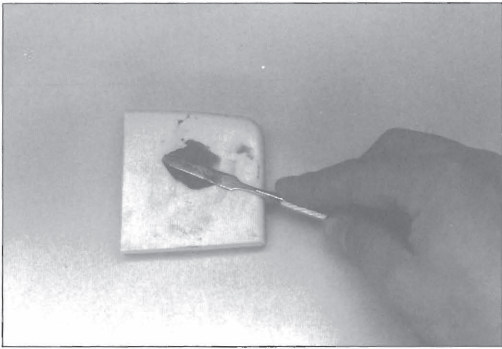
- ・青木豊「考古学資料復元考—土器復元のための補填材—」国学院大学博物館紀要7 1972
- ・樋口清治、今津節生「出土土器補修用の新材料」保存科学No23 1984
- ・今津節生「新材料による出土土器の補修」古文化財の科学No29 1984
- ・青木豊「博物館技術学」雄山閣 1985
- ・板野晋鏡「土器の復元について」(五段田遺跡 I 都営西台三丁目団地建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書) 東京都住宅局、円福寺西方遺跡調査会 1986



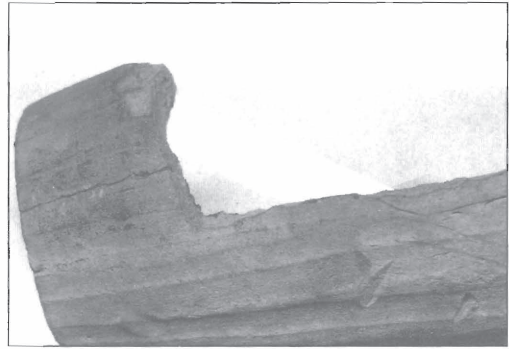
1 上から、セメントスパチュラ・エキスプローラ・両頭練成充填器



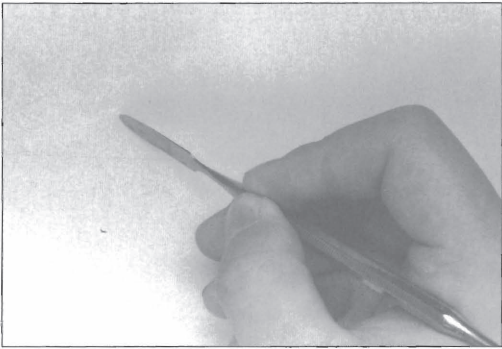
5 三角の角度の違い



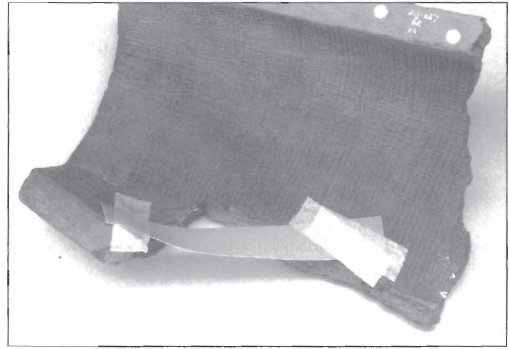
2 先の丸い方の持ち方



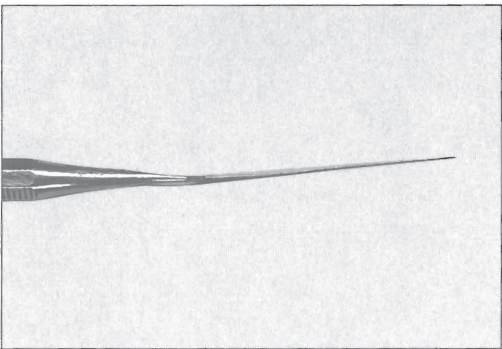
6 印画紙のブリッジ (表)



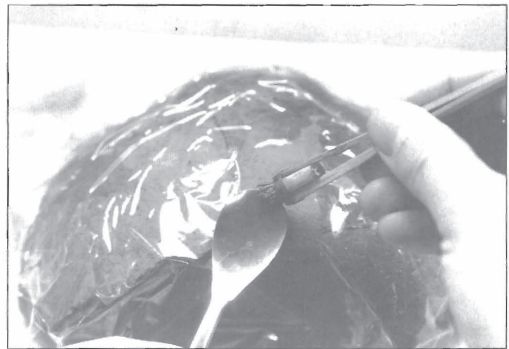
3 先の三角の方の持ち方



6 印画紙のブリッジ (裏)



4 先の丸い方の曲り



7 ほかし刷とスプーンでの「飛ばし」