

「土器復元」改良の試み

——形状記憶樹脂とエポキシ樹脂を芯材、補強材として——

徳永 哲秀

I はじめに	IV 「接合補強」技術
II 型入れ石膏復元の問題点と有効利用対策	1 「接合補強」技術の必要性
1 問題点	2 「接合補強」技術の考案とその利点
2 対策	3 「接合補強」技法
III パテ状エポキシ樹脂による土器復元	V 復元体制
—形状記憶樹脂を芯材として利用—	1 体制の現状
1 パテ状エポキシ樹脂採用の根拠と条件	2 分業体制の有益性
2 新しい芯材：形状記憶樹脂	VI おわりに
3 「芯入れエポキシ復元」の利点	
4 「芯入れエポキシ復元」技法	

I はじめに

長野県埋蔵文化財センター長野調査事務所の発掘規模の大きさは、長野県内では過去に例をみないものになっている。特に平成4年度以後の整理作業量は、急激に増加している。土器復元作業も従来経験したことのない量にふくれあがったため、独立した復元体制（復元室）が設けられることになった。それまで1名の熟練作業者に委ねられていた復元作業が平成5年度から担当者1名・作業員15名の体制によって行われることになった。この体制で従来の復元方法を引き続き展開することにした。

まず熟練作業員からの技術習得をすすめるとともに、復元の整理作業における位置づけや役割についての認識を深めるために、各遺跡の整理担当者・保存処理室の担当者・写真室の担当者からの学習を重ねていった。土器復元の作業能力は急激に増大したが、一方そういう中で各遺跡・写真室担当者からの要望も多く出され、様々な問題点が浮き彫りになった。

II 型入れ石膏復元の問題点と有効利用対策

1 問題点

これまでの本調査事務所の復元方法は、熟練作業員による石膏復元であった。この復元方法も、増加した作業量に対応して、創意を加えた布粘着テープによる型づくりを特徴とするもので、型づくり→石膏入れ→削り仕上げの工程を持ち、削りによって器形が決められるものである。浮き彫りになった問題点は以下のとおりである。

- ①布粘着テープによる型づくりがむずかしいうえ、石膏入れ時に型をくずしてしまう作業者が多く、削りによる器形復元には困難がともなう。なかなか妥当な器形に到達できず、石膏の無駄使いも多くなる。
- ②石膏による土器の汚れが目立つ。
- ③汚れを防ぐために用いるドラフティングテープや型づくりに用いる布粘着テープによる土器面の剥離がどうしても多くなる。
- ④残存部の多い土器を復元する技術を習得できる作業者が限られてしまう。
- ⑤せっかく復元した石膏部が残存部と分離しやすい。特に須恵器・灰釉陶器等でその傾向が大きい。

2 対策

- ①平成5年度中に、まず粘土やアルミホイル、さらに形状記憶樹脂等による型づくりを試したが、いずれも作業量の増大に対応して作業者が一様にとりくむ布粘着テープ以上の利点は見い出せなかった。
- ②硬化時間の長い石膏による、欠損部の手ずくね成形について試したが、この作業も短期間にだれもが習得できるものでないことがわかり採用できなかった。
- ③石膏による汚れを取り除くため、エアブラシを導入することにした。これは石膏復元の利点を生かしてゆく上で重要な対策になった。
- ④後述する芯入れエポキシ復元の開発と分業体制により、欠損部の多い土器については、高水準の技術を持つ作業による型入れ石膏復元を行うという有効な専門化が可能になった。

III パテ状エポキシ樹脂による土器復元 ——形状記憶樹脂を芯材として利用——

1 パテ状エポキシ樹脂採用の根拠と条件

先に述べたような問題点克服のための対策として、本調査事務所の保存処理室で、主として木器修復に用いているパテ状エポキシ樹脂（プラスセメント・ワーカブルレジンWR200、(株)国際ケミカル社製）を土器復元に採用できないか検討することにした。この過程で、保存処理室担当者・白沢勝彦氏（現在長野県立歴史館勤務）の指導実践する保存処理の仕事内容に触発され、本来土器復元も保存処理の一環であることに気付かせられたことは意義深いことであった。

さて本パテ状エポキシ樹脂の採用の検討をすることにした最大の理由は、土器面の汚れや傷みをできるだけ少なくすることにあった。それと関連して、石膏入れの型づくりの困難や弊害を考え、型に入れるタイプではない補填材料を取り入れたいということもあった。白沢氏によると、パテ状エポキシ樹脂は1940年代にスイスのメーカーが開発し、文化財の修復材料としては1950年代、イタリアで建築物の壁修復に使用されるようになっていた。日本では、1970年代に入って東京国立文化財研究所によって紹介され、主として木器や金属器の補強復元に用いられて来た。本調査事務所では白沢氏により、平成3年から木器・金属器の保存修復のために活

用されている。そのパテ状エポキシ樹脂は、使用時に主剤と硬化剤を重量比で1：1の割合で混合し、室温でおよそ30分間の加工可能時間内に、芯材に塗り付けるように成形してゆくものである。

このパテ状エポキシ樹脂による土器復元作業及び復元の質の確認のため、保存処理室で、木器・金属器の修復を行っている作業者の協力によって、小型の土師器（残存部約1／2・器壁の厚さ約6mm）の復元を試みた。

その結果、強度・軽さ等、素晴らしい材質が土器復元にも生かされることが判明する一方、技術習得及び作業時間の短縮の難しさが予想された。芯材として用いる平板状の繊維強化プラスチックを、曲面の多い土器に使用する点に難しさがあり、土器の残存部の器形に合わせて平板状のものを裁断して接着剤でつないで形をつくるのは難度が高い作業であった。特に小型の曲面の多い土器には用にくい。パテ状エポキシ樹脂を採用するためにはどうしても芯材の問題点を克服しなければならないと考えた。

2 新しい芯材：形状記憶樹脂

芯材に形状記憶樹脂（クラプレンHM380，^(株)クラレ製）を使えないか。ふと思いついたのは、石膏復元の型づくりの改善に形状記憶樹脂を試用してみていたからであった。早速芯材・形状記憶樹脂＋補填材・パテ状エポキシ樹脂の相性（強度・接着力）のテストを行った。その結果、強度・接着力とも土器復元に十分活用できるものと判断した。形状記憶樹脂とパテ状エポキシ樹脂はよく接着する。両者の接着によって硬化したエポキシ樹脂が歪んだり、強度が低下することもない。また、エポキシ樹脂自体の強度と土器との接着力がすでに土器復元にとって十分である。しかも大変軽量である。

3 「芯入れエポキシ復元」

——芯材・形状記憶樹脂＋補填材・パテ状エポキシ樹脂の利点——

実際に土器復元に応用してみて、多くの利点が見出され、それは同時に従来の復元の問題点をより一層浮き彫りにすることにもなった。

- ①芯材として器形を復元するのに、形状記憶樹脂はきわめて使いやすい。
- ②芯材での器形復元によって、パテ状エポキシ樹脂を入れる前に復元される器形をよく読みとることができる。この点石膏の型入れ復元と大きく違う点で、型によっては復元される器形をあらかじめ視覚的に読みとりにくいことが、石膏の型入れ復元の最も大きな問題点であることに気付かせられた。
- ③芯材による器形復元によって、最終的な復元状態が読みとれるため、そこでの修正が十分可能になる。また残存部の接合の間違いも、この段階で発見しやすい。
- ④以上の利点により、「先に見える作業」になり、だれもが習得しやすい。
- ⑤この芯材に主剤と硬化剤をよく混合したパテ状エポキシ樹脂を、約30分の成形加工可能時間内に入れ込んでゆくため、器形づくりがしやすい。削り落す作業もほとんど無くすることができる。そのため古色仕上げ等の作業を平行してすすめやすい。
- ⑥土器の器面を汚したり傷つけたりすることも少なくなる。

- ⑦「先に見える・読める作業」として、主体的に作業にとりくめる作業が増える。
- ⑧結果として、土器復元の所要時間が相対的に大幅に減少する。
- ⑨後に述べる「接合補強」技術の併用により作業量は画期的に少なくなり、形状記憶樹脂やエポキシ樹脂の材料費をはるかに凌ぐ経費削減にもなる。
- ⑩なおへアードライヤー等で温めると、一度硬化した形状記憶樹脂とパテ状エポキシ樹脂は軟化し、加工しやすくなる。取りはずしも容易になる（注）。

4 「芯入れエポキシ復元」技法

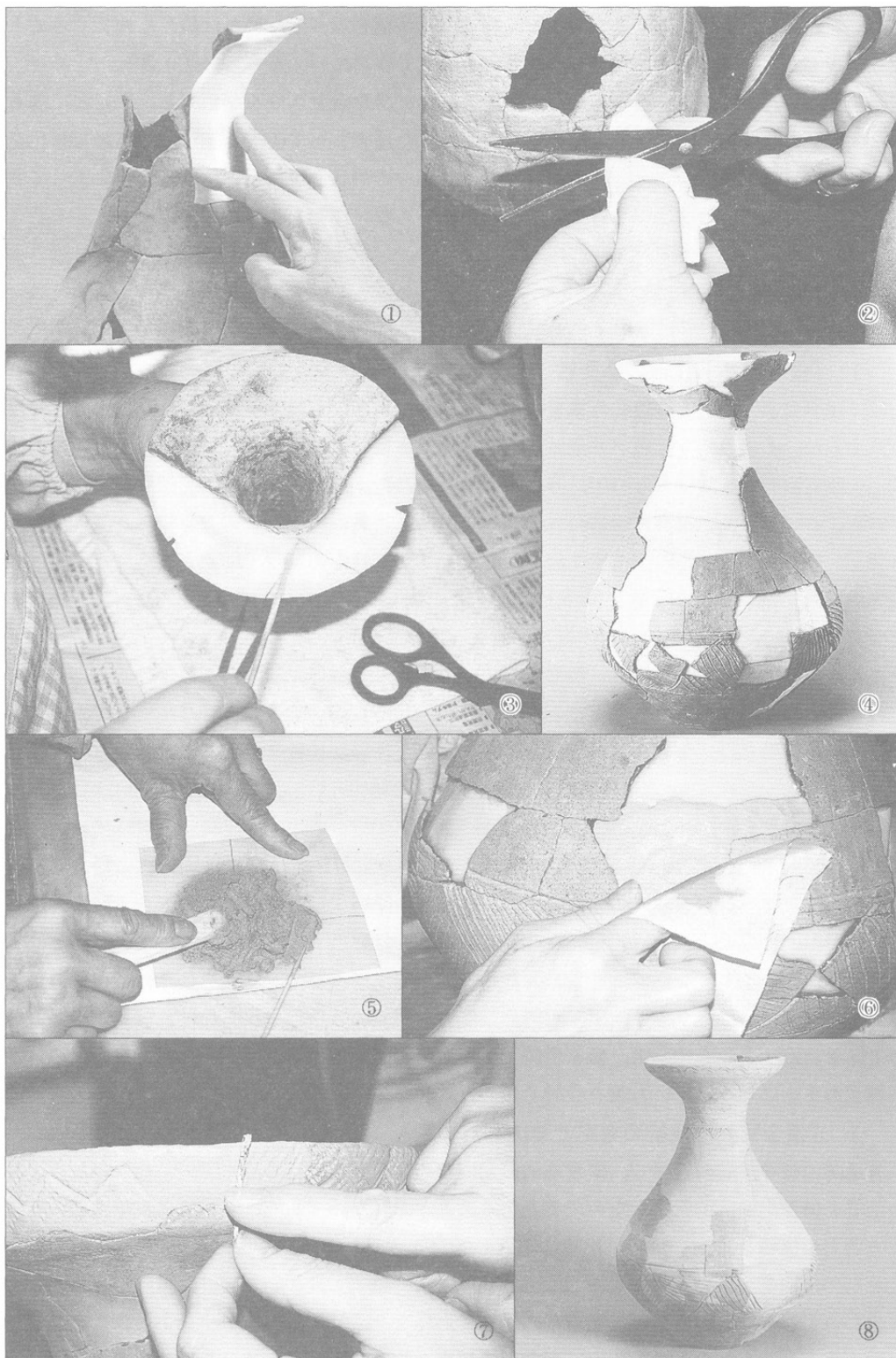
次に作業の過程を、A芯材・形状記憶樹脂による器形復元過程、B補填材・パテ状エポキシ樹脂による成形過程の2段階に分けて記述する。

A 芯材による器形復元

- ①土器の残存部の大きさに合わせて、形状記憶樹脂を切りとり、ほぼ70℃の湯に浸す。透明に変化した形状記憶樹脂を欠損部に相当する残存部の器壁に押しあてて、不透明になり硬化するのを待つ（写真①）。
- ②残存部の器壁の曲面を写し取った形状記憶樹脂を欠損部に当てて、その欠損部の形に合わせて型取りをし、はさみで切り抜く（写真②）。欠損部が大きかったり、器形の歪みがひどかったりして1枚の形状記憶樹脂での器形復元がむずかしい場合は、何枚かに裁断して器形に合わせて調整しながら、土器の欠損部に取りつける。
- ③土器の欠損部への取りつけは、残存部の状態に合わせて行う。使用する接着剤を土器の残存状態（欠損部の大きさ・強度等）や接合状況に合わせて使いわけたり、接着部を多くしたり少なくしたりする。例えば、接合状態のしっかりした土器の欠損部に芯材を取りつける時はセメダイン系の接着剤で簡単に取りつけるだけで十分であるし、接合の困難なろい土器や残存部が少ない土器の場合、エポキシ系接着剤（セメダイン・ハイスーパー5等）で補強しながら取りつけてゆく（写真③・写真④）。
- ④芯材を入れてしまったから器形全体を観察して合わない部分があった場合、温湿布の要領で芯材・形状記憶樹脂を温めて形を矯正する。

B 補填材による成形

- ①芯材による器形復元を了えた部分に、パテ状エポキシ樹脂を入れて成形する。まず硬化時間と作業量・補填の大きさ等を考慮して必要量を想定する。その量に合わせて、主剤と硬化剤を等重量計量する。両者をセクションフィルムの端切れを利用し、十分混ぜ合わせ練り上げる。適度な粘性と表面光沢が得られてから使用する（写真⑤）。
- ②ふつう土器の片面側から塗りつけるように入れてゆく。その際パテ状エポキシ樹脂は粘着性が高いので、接着面の小さい竹串等を用いて作業し、表面滑性の高い洋服の裏地の端切れを樹脂の表面に当てて、その上から押さえつけて芯材の上に広げてゆく（写真⑥）。常に器形に相応するように入れるが、硬化したのちそのうえに樹脂を重ねてゆける。この作業をていねいに行えば、全く削りを必要としない。
- ③室温が高ければ硬化時間は短い。20℃で約30分ほどで硬化する。硬化の程度に合わせ縄



文施文原体や竹管による施文を行う。適正な時期を選べば、容易に美しく施文することができる。硬化後、彫刻刀等刃物による施文も容易に行える（写真⑦・⑧）。

- ④硬化した後に修正を行う必要があるとき、ナイフや布ヤスリを使用する。ナイフで削る時や大きな器形の間違い・接合不良等があった場合、ヘアードライヤーで温めて軟化させて処理する。エポキシ樹脂だけでなく、芯材の形状記憶樹脂と接着剤も熱によって軟化するので、取りはずしも比較的手数のかからない作業として行える。

IV 「接合補強」技術

——形状記憶樹脂と持味を生かした接着剤の有効利用——

1 「接合補強」技術の必要性

先に述べたように、土器復元作業量の急激な増大に対応する復元室体制づくりは平成5年度に始まるが、その段階では篠ノ井遺跡群（高速道地点）の土器を主として復元した。その復元は、土器実測のために行うもので、写真撮影のために行う復元と区別して“補強復元”と呼んでいる。この篠ノ井遺跡群の土器復元の過程で遺跡担当者の全面的な協力を得て、先に述べた体制上・技術上の改善を順調にすすめることができた。技術の習得・向上とともに作業量は飛躍的に増大したが、篠ノ井遺跡群の土器は大変多く、15名体制（5時間勤務者11名・7.5時間勤務者4名）で約200日を要した。復元した土器はおよそ1500点であった。

復元作業量は、土器の大きさ・器形・欠損部の大小・その他土器及び土器片の状態によって左右されるので、単純に推し量ることができない。しかし篠ノ井遺跡群を基準にして平成7年度以降の仕事量を推定する必要がある。発掘された住居址件数を時代別に比較すると、篠ノ井遺跡群：弥生時代159、古墳時代158、奈良平安時代他489に対し、榎田遺跡：弥生時代174、古墳時代510、奈良平安時代他323、松原遺跡：縄文時代32、弥生時代264、古墳時代12、奈良平安時代他442となっている。また発掘時の土器収納コンテナ数は、篠ノ井遺跡に対し榎田遺跡はおよそ2倍、松原遺跡はおよそ4倍だといわれる。いずれも単純に比較できる数字とはいえないが、これらの土器の補強復元を篠ノ井遺跡群同様に行うとすれば、この2大遺跡だけでも数年間かかることになる。加えて報告書の作成年限、両遺跡の写真撮影のための復元、他遺跡の土器復元等を勘案すると、復元室の作業能力を現状の2倍以上にしなければ間に合わないのではないか。平成6年度末、松原遺跡・榎田遺跡の整理担当者とも話し合い、復元室の体制を現状のままにした新しい方策を検討することにした。

2 「接合補強」技術の考案とその利点

各遺跡の整理作業の過程で、従来補強復元のために復元室に持ち込んでいた接合のむずかしい土器を何とか補強復元をしないで実測することができないであろうか。特に松原遺跡の整理担当者との協議を重ねながら、Ⅲ章4項Aの③（4ページ参照）に述べた、“形状記憶樹脂と接着剤の併用を有効に行って芯材による器形復元をする技法”，その転用に思い至った。接合の難しい土器が形状記憶樹脂と接着剤の働きで形になり、しかも強度も十分ある。この状態で実測することはもちろんできるが、形状記憶樹脂と接着剤の使用を接合を補強するために最小

限にとどめたほうがより有益ではないかと考えた。形状記憶樹脂をエポキシ復元のための芯材ととらえるのではなく、接着剤と合わせて接合補強材ととらえるというとらえ方の転換をしたことになる。その有効性を確かめるため、松原遺跡の担当者に従来の観点で実測のための復元が必要だと思われる土器を数点選び出してもらい、のちに「接合補強」と呼ぶことにした作業を試みた。その結果、実測に耐えられる強度が十分得られただけでなく、さらに多くの利点があることがわかった。

- ①技術的にだれにでも取り組める。
- ②各遺跡の整理事業の中で、接合と補強さらにその土器の実測を同じ作業者が行うことができ、実測に有効な「接合補強」が展開できる。
- ③「接合補強」をしながら、接合の間違いに気づくことができる。
- ④接合できる土器片が増える。
- ⑤石膏等による補填の必要がほとんどいなくなるので、土器の内面観察もしやすく、実測図がとりやすい。
- ⑥実測後、写真撮影のための土器復元を厳選して復元室に持ち込むことができる。
- ⑦復元の必要のないものについては解体することも容易である。
- ⑧エポキシ復元には、接合補強に用いた形状記憶樹脂をそのまま芯の一部として生かせる。
接合補強部分の一部をそのままにして石膏を入れることもできる。復元時に不必要になる接合補強部分は、ヘアードライヤー等で温めてとりはずし、再利用する。
- ⑨形状記憶樹脂以外の補強材料も有効に使うことができる。
- ⑩もちろん復元室の作業量を大幅に削減することができる。

平成7年度からこの新技術を用いた土器接合を各遺跡の整理事業として実施することになった。年度当初に新方式についての提案をし、各遺跡の整理担当者の了解と協力のもとに、まず松原遺跡の整理事業の中で実施した。担当者の意向で、作業員全員が復元室で2日から5日の作業技術習得を行った上で、新たな作業に取り組んだ。予想通り、極めて個人差のない短期間での習得ができ、さらに予想以上に一人一人の作業員の創意が活かされ、期待を超える成果もたらされることになった。今年度1月以降、「接合補強」技術によって接合され、実測を了えた土器が復元室に入ってくるようになってきているが、それらの土器の復元も、これまた予想を超えた順調なペースですすんでいる。

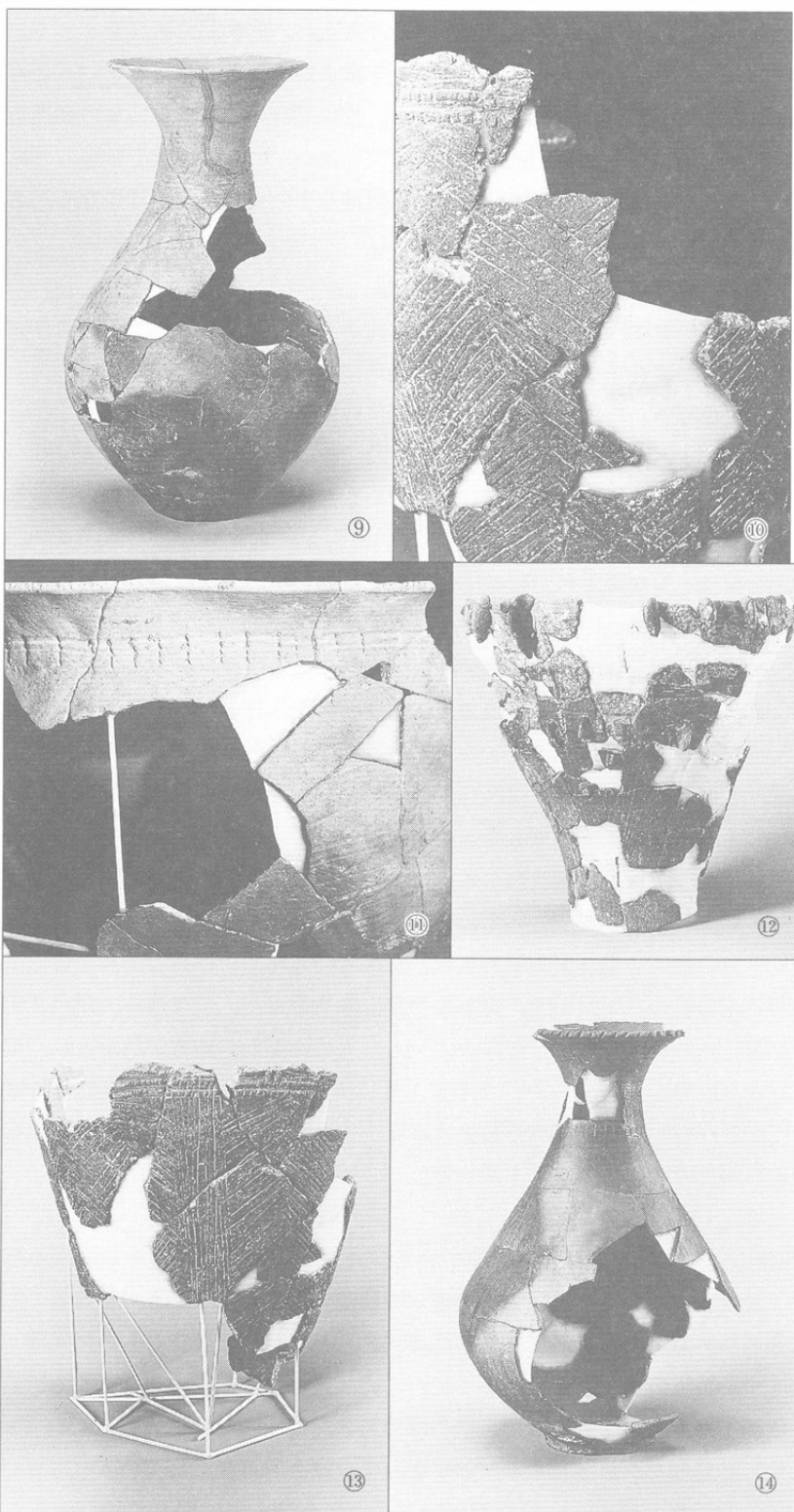
3 「接合補強」技法

「接合補強」技術の基本は、すでに述べたようにパテ状エポキシ樹脂の芯材として用いた形状記憶樹脂と、これを接着する接着剤の補強効果を活用するものである。しかし、この技術は、作業員の創意工夫によって多様に活用され、バラエティに富むものに発展しつつある。そこでいくつかの実例を示すことによって、この技術による作業の紹介とする。

実例①最も基本的なもので、最小限の形状記憶樹脂片で補強している（写真⑨）。

②器形を一部復元することによって、接合を可能にしている（写真⑩）。

③竹串を併用し、形状記憶樹脂の使用を最小限に抑えて接合することができる（写真



⑪)。

④もろく断片的な土器が多い場合、芯材として形状記憶樹脂を用いる場合と同様の用い方をして器形を復元する（写真⑫）。

⑤写真撮影のために、接合した土器の一部を正しい角度で立てるのに竹串を組み合わせで使っている。従来は石膏による補強復元を行った（写真⑬）。

⑥形状記憶樹脂の補強では不十分な場合、部分的にパテ状エポキシ樹脂で補強する（写真⑭）。

V 復元体制

1 体制の現状

担当者1名，作業員13名によっている。その分業の体制は図1に示すようになっている。

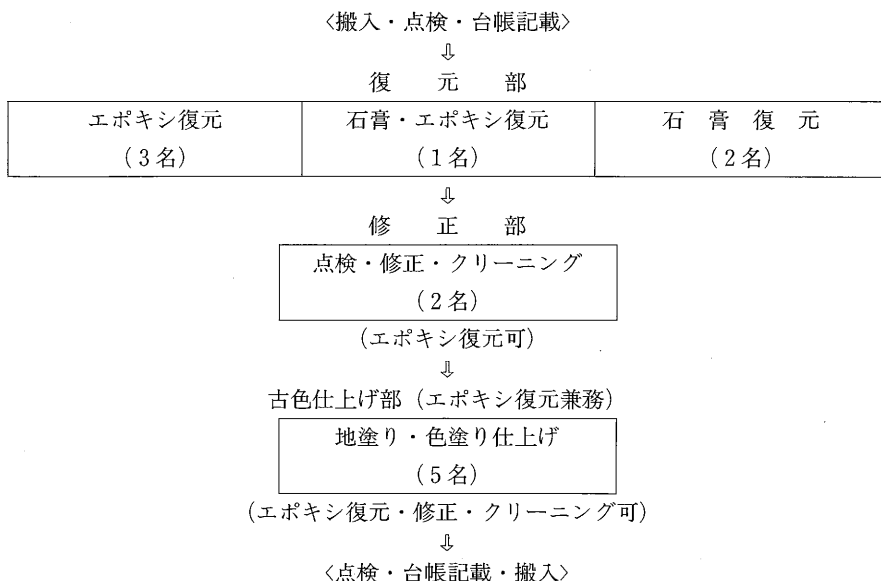
○石膏復元は主として欠損部の大きな復元の難しい土器を扱い，専任者は2名である。ほかに小型の土器の復元を主として担当する専任者を1名おき，欠損部の大小及び文様復元の必要に応じて，石膏とエポキシの復元を併用している。

また，特に大形の土器の復元が行われるときや石膏での復元点数が増加したときには，エポキシ復元を担当する者が主として石膏復元をサポートしている。

○エポキシ復元は主として欠損部の少ない土器，土器面の汚れや剝離に細心の注意を必要とする土器を扱うことにしている。

専任は3名であるが，復元点数に合わせて，点検・修正・クリーニングの専任者や古色仕上げの専任者が，この作業を臨機応変に行っている。

図1 復元室の組織及び土器の流れ



受け入れ，土器の処理方法の決定，仕事の廻し，最終点検，返却等の仕事は担当者が行う。

○点検・修正・クリーニングは2名によって行われている。各遺跡の整理担当者から復元室に持ちこまれた土器の出入管理及び復元室内での作業過程での土器の管理を行うとともに、石膏やエポキシで復元した土器の復元状態を点検し、修正やクリーニングを行っている。修正・クリーニング作業は仕事量の変動により、古色仕上げの専任者が行うこともある。

○古色仕上げは専任者5名によって行われている。土器の器面状態に一層復元部分を近づける地塗りを施すとともに、主としてアクリル系絵具による色塗りをを行っている。なお、前述したようにこの専任者は随時エポキシ復元を行っている。

2 分業体制の有益性

作業員一人一人の持味を生かし、復元の質的向上をはかりながら、さらに急激に増加した土器復元作業量に対応できる体制を目指したが、現時点で、

○各遺跡の整理の展開に柔軟に対応する体制として機能している。

○本来特別な技術を持ち合わせていない作業員の仕事への意欲を喚起するとともに、各人の思いがけない資質の発現が多彩に見られるようになった。

○その結果、それぞれの仕事に次第に専門性も付与されて、全体的に復元の質的向上がもたらされて来た等多くの利点が見られる。

3 課題

結果的に作業員一人一人の役割の重要性が増し、貴重な存在として、人事面での補充・交替等への対応は組織としてむずかしくなるという面が出て来たといえる。だれにでも取り組める復元作業を出発点にして、うらはらの結果に至っているとも受けとめられるが、質的向上を目指す限り当然のことでもある。今後さらに一人一人が多様な作業にも対応でき、さらに質の高い仕事が可能になるような組織運用をはかってゆきたい。

VI おわりに

本調査事務所にとって未曾有の整理作業量となっている現状に対処する復元体制づくりの過程で、以上述べた事柄をはじめ幾多の試みをさせて頂くことができた。いずれも皆さんの物心両面にわたる御理解・御協力があったことで、ここに一文を起草させて頂いたことも含めて深謝するところである。

最後に復元室に身を置く者として、日々復元の仕事に懸命に取り組んで下さる方々あってこそ、復元作業の質的向上を目指しての改善を行うことができたし、今後への展望もありうることを申し添えておきたい。

註 芯材として用いた形状記憶樹脂は、パッチワーク的手法で小片まで有効に利用できる。更に細片になったものは再生する。細片を80℃ぐらいの湯につけ流動状態にし、団子状にして粗めの布に包み加温プレスして再利用できる。

また芯材とした形状記憶樹脂を、パテ状エポキシ樹脂による土器の内面成形後、適度に硬化した時点で剥ぎ取って再利用することもできる。もちろん外面のエポキシ樹脂成形は内面の補填部に塗りつける形で行なう。