

# 保存処理の動向と展望—無機質遺物—

松井 敏也<sup>1)</sup>

●キーワード：保存科学 (conservation science), 無機質遺物 (inorganic assets), 金属 (metal), 石材 (stone)

## 1. 無機質遺物の保存

無機質遺物には岩石、鉱物などのように本来地球上に存在する物質が主となるものと、金属、土器などのようにそれら地球上の物質に何らかの人為的な変化（金のようにもともと単体、遊離状態で産するものは除き）が加えられたものがある。また、動植物の遺体となった化石も無機質遺物として捉えられる。有機質遺物との大きな特徴の違いは、化学結合（有機質はほとんどが共有結合を持つ）によるところも大きい。文化財資料としてマクロな視点で考えると、有機質が持つその構造に違いがあろう。例えば木材は木材組織を持ち、その組織構造は異方性に富み、用途によって木取り（木口面や板目、柃目面など）が異なったりする。また埋蔵環境にあった場合には有機質の遺物はさらに腐朽や劣化に曝され、発掘などにより出土した後は適切な保存処理が要求される。これに対して、無機質遺物は比較的構造が複雑ではなく、出土後の環境の変化による劣化速度も緩慢であることが多く、それらに対応した手法で行われてきた。考古遺物に対する保存科学的処理については、国内では『文化財保存科学ノート』（澤田：1997）、『文化財のための保存科学入門』（京都造形芸術大：2002）などに網羅的に解説されている。翻訳された書籍として『出土遺物の応急処置マニュアル』（ディビッド ワトキンスン：2002）がある。海外では保存処理の具体的な記述が記載された書物がいくつかある。『The Archaeologist's Manual for Conservation』（Bradley：2004）や『A Conservation

Manual for the Field Archaeologist』（Catherine：1988）などが参考になろう。ただし、遺物の状態はその履歴が多様であり、記載された手順や内容が必ずしも適切とは限らない。基本的な考え方や方法として参考になる。国内の保存科学関係の目録としては奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター発行の埋蔵文化財ニュース68（1990年3月発行）に1990年までの文献目録が載せられている。また本学会誌「考古学と自然科学」の第48・49号の付録CD-ROMに学会誌や大会発表要旨集の目録が載せられているので参考にさせていただきたい。

本稿では金属製品、石製・土製品を中心に保存科学処理の研究史を振り返ることで、本分野の研究動向を知りたい会員に情報を提供するものである。もちろん個々の研究は日々進展しており、そのすべてをここに挙げることはできないが、なんらかの一助になれば幸いである。

### 2.1 金属製品の保存

金属製品の保存は古くは紀元1世紀に鉄の腐食防止やブロンズのコーティングに自然素材（テレピン油やピッチなど）が使われていたとされる。12世紀には熱したリンシードオイルとピッチの中に入れての保護処理が行われていたようである。金属の腐食は現代では電気化学的メカニズムによる説明がなされるが、それまではその腐食要因が詳らかではなく、表面を保護する事が重要視されていた。

腐食のメカニズムに関しては19世紀後半に銅合金製品に発生する“ブロンズ病”の原因としてバクテリアを

<sup>1)</sup> 筑波大学 芸術系 〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

検出したとする記述がみられ、同じころ銅製品の表面のクリーニングの是非についての議論がされている (Bibra : 1869 など)。1886 年にシアン化カリウムを用いた電気還元法が金属のクリーニングとして提唱され、金属本来の色を取り戻し、それを維持するためにニトロセルロースでコーティングがなされている (Finkener : 1886)。当時の目的は脱塩処理を主としたものではなく、金属表面の汚れやサビ層を取り除くことに主眼が置かれていたようである。将来の腐食を防止する目的ですべての腐食層の除去を薦めるレポートもある (Alex Krefting : 1883)。電気還元法には外部電源を用意する必要があるが、亜鉛粒子を加えた水酸化ナトリウム溶液に浸漬する方法で腐食層を除去する方法も見られた。(Alex Krefting : 1883)。電気化学的な手法が多用される中、その結果本来の色を取り戻した金属製品を保護する目的で保護剤 (コーティング剤) が多様化する。リンシードオイルやパラフィンワックス、蜜蝋、ステアリン、シェラックなどが用いられる。20 世紀に入ろうとする 1890 年代からようやくブロンズ製品の腐食促進因子として塩類が取り上げられるようになる (Raftgen : 1889, Krefting : 1892, Petrie : 1904)。これ以降、クリーニングの中に脱塩処理の概念が導入される。手法としては依然として電気化学的な方法がとられ、アルミフォイルを用いて塩化銅をより安定な酸化銅に変化させることも行われた (Rosenberg : 1900)。また脱塩処理として従来の薬剤に加え、水や炭酸カリウム溶液、リン酸ナトリウム、Alkaline Rochelle Salt (水酸化ナトリウムと酒石酸カリウムナトリウムの混合塩) など使用されるようになる。この Alkaline Rochelle Salt 溶液は現在でも使用されており、セスキカーボネート溶液にも混用された (Scott : 1921)。また塩化物の脱塩として硝酸銀や酸化銀などの粉末を塗布する方法も見られる。このころには表面保護の樹脂にアセチルセルロースが合成樹脂として使用された。

保存科学研究を主体とする研究室の設立は 20 世紀に入りデンマークのコペンハーゲン博物館を待つことになる。ここでは鉄製品やブロンズ製品の安定化に電気化学的手法が試されるようになる (Rosenberg : 1917)。1920 年には British Museum による博物館展示資料の

クリーニングと修復が実施された (Alexander Scott : 1920)。1925 年にコロンビア大学の電気化学分野からブロンズの保存マニュアルが発行され、メトロポリタン博物館に保存科学研究室が設立される。このように 1920 年前後に近代的保存科学の黎明期がある。1950 年には IIC (International Institute for Conservation) が設立され、保存科学分野における学術雑誌 “Studies in Conservation” が 1952 年に出版された。その後、欧米を中心に保存科学関係部署が設立される。

これら保存科学関連の研究所や研究室が設置され、保存科学の考え方が転換を迎える。これまでのすべての腐食層を取り除くことが疑問視され、遺物オリジナル表面が意識され始める。1920 年代から日本での脱塩処理の主流となるセスキカーボネート法が現れ始め、調湿剤としてシリカゲルも使用され始める (Scott : 1921, Rathgens : 1924)。埼玉県稲荷山古墳出土金錯銘鉄剣の保管、展示に採用されている窒素ガスによる保管法もこの頃に始まる。1990 年代になると電気化学的脱塩法に電位制御装置が加わり、より高度な処理が可能となった。現在ではクリーニング (脱塩を含む) 液として水酸化アンモニウム、EDTA、ギ酸などが使用されている。

1967 年にはこれまでのブロンズの処理を一変させる薬品が登場する。ベンゾトリアゾール (BTA, ベントリとも呼ばれる) である (Madsen : 1967)。この薬品は銅を構造中に取り込み安定化させる作用を持ち、工業分野でも広く採用されている金属不活性剤 (インヒビター) である。処理の方法も水素還元法が Vasa 号の鉄製品に適用されたりしたが、高温になることと金属組織の構造が変化することからその後は普及していない。1980 年代には水素ガス還元法がサビを還元させる方法として開発されるが、腐食促進塩類の除去効果が十分ではないなど問題点もある。保護するコーティング剤や接着剤にも変化が現れ、セルロース系からエポキシ系へと変化している。また近年ではアクリル系樹脂 (例えばパラロイド B72 など) が世界的に使用されている。

日本の保存処理の初期における様々な実践的成果は? 元興寺文化財研究所と奈良文化財研究所によるところが大きい。元興寺文化財研究所では保存科学センターが 1974 年に建設され、全国から出土する遺物の保存処理

業務を開始している。金属製品の処理については脱塩処理よりも樹脂含浸による処理が先に行われている。1950年代には鉄器にニトロセルロースやセルロイドを溶かし塗布していたようである（西山：1983）が、東京国立文化財研究所により合成樹脂が研究され実用化された（樋口・岩崎：1971）。1972年に非水系アクリルエマルジョン（樋口・青木：1972）が登場した。この樹脂は処理後に光沢を伴うが、その改良に濾紙綿包装減圧含浸法も現れる。1995年にはフッ素・アクリル共重合樹脂が使用され始める。この背景には、当初のものの形を壊さないことがある程度は克服でき、その後展示、活用に適した状態へのニーズが変化したことによる。大型の大砲などの鉄製品にはタンニン酸を用いた処理も行われている（江差町教育委員会：1982, 川野辺ら：2000）。

現在日本で行われている鉄製遺物の主な脱塩処理は数種類である。1979年に水酸化リチウム法による脱塩処理が導入されて以降、1986年にセスキカーボネート法が導入された（（宗）元興寺助元興寺文化財研究所：2012）。高温高压脱酸素水法（オーツクレープ法とも）、セスキカーボネート法、ソックスレー法（青木ら：1990）、水酸化リチウム法（秋山：1983）などである。青銅製品の場合は積極的な脱塩処理は行われていないが、必要に応じてこれらの脱塩処理法が選択される。これらの脱塩処理は海外で適用された事例を日本に輸入し、日本の遺物の状態や処理従事者のレベルに応じて適宜改良が加えられている。東京や奈良の文化財研究所が中心となり保存科学および処理の研修会が全国の埋蔵文化財担当者や保存処理従事者を対象に行われ、その技術や考え方が広く普及した。これら一般的な遺物に対する方法がある一方、これらの処理法で難しい場合は特殊な保存処理が開発された。合成樹脂の開発も進み、青銅製品の保存処理ではサビで覆われた鍍金層のクリーニングに高吸水性樹脂が、鎌倉の大仏にはFRP（強化プラスチック）が用いられ成果を上げている。

金属製品のなかでも鉄製品と銅製品では保存処理の考え方は少し異なる。鉄製品は腐食構造が複雑でありなおかつ銅製品と比較して出土後の腐食速度は速い。腐食を促進する陰イオンなどもサビの種類と構造により偏在化（松井：2009）することが知られており、画一的な処理

ですべての腐食因子を取り除くことは難しい。また腐食因子が遺物の構造を維持していることもあり、その場合の除去は不可能である（松井ら：2000）。腐食を促進させる陰イオンは構造中の他にもサビの表面に物理的に多く吸着していることが知られ（金子：1992）、サビ本体は安定化していても取り除かなければならないものもある。このように複雑なサビ構造中に存在する腐食促進因子を取り除くには限界があるが、それでも脱塩処理の効果は非常に大きい（図1）。日本では形状を損なわない限り（資料的価値を失わない程度）においてサビを除去し、脱塩処理を実施している。脱塩は水に可溶性の塩類を除去する目的で行われ、水を使って塩を溶脱する方法（ソックスレー法、高温高压脱酸素水法）、溶液をアルカリ性に保ち塩類の拡散および交換による方法（水酸化ナトリウム法やセスキカーボネート法など）がある。1990年代にはプラズマ法によるクリーニングが行われている（青木：1996）。

遺物を周辺環境から保護する目的に使用される樹脂について、銅製品の場合はおもにアクリル系樹脂でのコーティングが、鉄製品の場合は複雑なサビ構造に深く浸透するように高濃度でありながら低粘性度の樹脂（アクリル系エマルジョン）が用いられる。

保管については従来シリカゲルが脱水剤として金属製品とともにケースに入れられ、低湿環境の維持を担ってきたが、1990年代から脱水脱酸素剤も利用されている。この脱水脱酸素剤はガスバリアフィルムと共に使用することで数年にわたり水分と酸素の無い環境を金属製品に



図1 脱塩の効果（左：処理済、右：未脱塩）  
Fig. 1 Impact of desalination  
(Left: treated, Right: untreated)

提供することができる。ガスバリアフィルムは絶えず密閉状態でなければならず、利活用を頻繁に行う予定の金属資料については、脱水脱酸素状態と通常大気の状態、すなわち湿気と酸素が多い状態を行き来することになり、製品へのストレスが増すことから、活用計画に沿った保管方法が求められる（松田ら：1997）。

## 2.2 2000年以降の金属製遺物の保存処理の動向

2000年以降になると新しい脱塩方法に関する研究や、遺物を取りまく保管環境と腐食との関係性を研究した論文が多くなる。フッ素オリゴマーを用いた脱塩の研究では、その後の長期保存性まで言及している（河越：2001a, 2001b, 2003）。アルカリイオン活性水（尾崎：2004）、煎茶処理（平井・越智：2005）、ドライアイスクリーニング法（趙ら：2011）、椿油の利用（柴崎：2010）、各種インヒビター（合澤・西山：2011）などはその一例である。もちろんこれらの研究と平行して従来の保存処理の評価も精力的に行なわれている。二つの処理法の併用処理の評価研究（大江：2013）や、セスキカーボネート脱塩法の加温処理の影響評価（山村：2009）、樹脂含浸時の減圧手順に関する報告（古橋：2009）、保存処理時の腐食生成物の変化に関する研究（松井：2001）、合成樹脂の光劣化に関する研究（山岡：2005）などがある。韓国における脱塩法や樹脂の研究としては金（2013）や조현경ら（2008）などがある。

鉄製遺物の腐食機構に関する研究では、環境や予防がキーワードとなる研究が増え、埋蔵環境を想定した鉄還元菌による研究（李ら：2009, 2010）や出土層に含まれる無機陰イオンと遺物との関連評価（松井：2001）、保管湿度が腐食に及ぼす影響評価（柳田ら：2013）、地域環境が腐食に与える影響（朴：2007）、考古鉄遺物の Preventive Conservation に関する研究（David Thickett：2012）などがある。さらに、過去の保存処理の経年調査は今後の遺物の活用に際して重要な研究テーマとなっている（伊藤ら：2001など）。

## 3.1 岩石、土製品の保存と保存処理

石造遺物には発掘による石製品、石櫃から石碑、石垣や寺院などその規模はまちまちである。石の劣化のうち

亀裂や割れなどは応力や凍結破碎現象による。粉状化は塩類の結晶化などが原因で凝集力の低下によるところが大きい。

岩石の保存処理には岩石の周辺環境が大きく影響する。たとえば博物館の収蔵庫や展示室などにある資料と屋外で大気に曝されているものではその置かれた環境からの影響が異なることは容易に想像できる。後者の場合も大地から切り離されて保存が図られているのか、覆い屋などの風雨を和らげる施設があるのかなども処理の工程や技術に影響を及ぼす。岩石の場合も金属製品と同じように塩類による劣化促進が生じる。金属製品の場合は可溶性塩類がその除去対象となっていたが、岩石の場合は水に可溶性の塩類はもちろんのこと、難溶性の塩類の除去も行われる。難溶性の塩類は岩石表面に殻を形成し、その内部では塩類風化が進行することがわかっている。したがって、表面の塩類の除去や岩石に溜まった塩類を除去する作業が必要である。可溶性塩類の除去には水洗や水漬け、湿布法などが取られる。湿布法はパルプ法とも呼ばれ、水で十分湿らせたパルプを塩類が存在する表面に当て、パルプが乾くまで放置し、その後取り外すことを繰り返す（Plenderleith：1966）。湿布の材質にはパルプの他に綿、キッチンペーパー、カオリン、アタパルジャイト（粘土の一種）など様々な素材が対象の状態によって使い分けられている。ただし、顔料などが表面に確認でき、剥がれる恐れがある場合は事前に強化することが必要である。水に難溶性の塩類、たとえば炭酸カルシウムなどが析出している場合は薬剤で溶かしながら除去される。上記文献の時代1960年代には薄い塩酸（5%以下）が効果良く除去できるとされるが、チオ硫酸ナトリウム（10%）や炭酸アンモニウム（10%）なども効果は遅いが使用された（Plenderleith：1966）。1970年代後半になると炭酸カルシウム殻の除去に効果があるAB57が開発される。

屋外の環境に曝される石造文化財はそのほとんどが表面に生物が着生している。脱塩処理や後述する保存処理に先立ちこれらの着生物を除去しなければならない。除去には物理的方法と化学的方法があり、物理的な方法（ブが多用される。物理的方法は主にブラッシングによって行われるが、表面を摩耗させる恐れがあるほか、不十

分なブラッシングは却って生物を健全な場所にまき散らすことになりかねない。他にも高圧水やスチームによる洗浄もある。対象資料が脆弱である場合は化学的方法が採用される。インドネシアのボロブドゥール遺跡で採用された AC322 法や塩化ベンザルコニウム溶液法、エタノール噴霧処理法などである（新井英夫：1985）。

脆弱化した岩石の含浸強化用材料にはアクリル樹脂、エポキシ樹脂、エチルシリケート系樹脂が 1970 年代から使用されている（Munnikendam：1973）。また脆弱化した岩石の空隙に炭酸バリウムを充填させ凝集力を高める水酸化バリウム・ユリア法も開発された（Lewinら：1974）。シリコン樹脂をもちる方法（Moncrieff：1976）も同時期に提案され、岩石に対する強化含浸法の研究が盛んにおこなわれていた時期でもあった。

日本におけるこれらの研究の紹介と基礎研究もほぼ同時期に始まっている。ここではエチルシリケートやシリコン系樹脂をはじめとする様々な樹脂の耐久性試験（西浦：1977）が行われ、遺跡への適用も多くなる（伊藤ら：1985、西浦：1985a、青木ら：1985、西浦：1985b）。これらの樹脂の遺産への応用が進むにつれ、その問題点についても議論され始めた（樋口：1985）。

無機質遺物のうち土器における一般的な保存処理は、軟質土器や脆弱化した土器を対象としたものが多く、それらは多孔質であるがゆえに構造的に不安定となっていることからアクリル系の樹脂を含浸する方法が主となっている。溶剤で薄めた樹脂の中に土器を浸漬し、一定時間浸み込ませた後に取り出し、乾燥させ強化するものである。土器の接着剤ではセルロース系が多く使用される。安価で取り扱いしやすいことが利点であるが耐久性や耐候性に乏しいのが欠点である。土器の強化に使用する樹脂の比重が大きいと、処理後に資料が重たくなることもあるので樹脂の選択、使用量には注意が必要である。一方、岩石の接着にはセルロース系の接着剤では強度が弱いので、エポキシ系の接着剤が使用される。

欠損部や充填剤には特殊なエポキシに岩石粉末を混合し、修復対象の物性と似せた“擬岩”や“擬土”を用いる。セメントやモルタルなども使用されるがこれらは後々に塩類風化を引き起こすことがあるので使用は避けられている。

### 3.2 2000 年以降の研究動向

現在の岩石の保存処理については、エチルシリケートなどの樹脂が多用される。この樹脂は空気中の水分と反応し、アルコールと珪酸を生成する。珪酸はガラス質であり、岩石を構成する物質と基本的な物性が似ている。また、反応時に生成するアルコールが揮発する通り道が生成物の中にできるため、処理を必要とする石質より強度を弱くできる。この作用により、岩石にかかるストレスを珪酸ガラスがクッションの役目を果たし和らげることができる。対象資料がある程度の含水状態が望ましい場合は親水性ポリマーの使用がなされる（三石ら 2005）。岩石の強化剤と併用される処理に撥水処理がある。撥水処理も完全に防水させる目的のものから、劣化し、透水率が増加した岩石に対し、本来の機能を回復させる目的にも使われる。強化剤の中には疎水性をもつ素材もあり、撥水機能を併せ持った強化剤も数多くある（例として Giulio ら：2003、山路：2008、脇谷ら：2008）。

一方、粉状化し表面の粉状になった粉末の流失を防ぐ目的でエチレン酢酸ビニル系樹脂が使用されている。これは強化や充填といったこれまでの処理剤とは異なり、粉状化した粒子をバインダーでつなぎ留め動かなくさせるものである。この樹脂の原理は、水中で安定化した数  $\mu\text{m}$  の樹脂粒子が、コーティングする事により土・砂・岩等の粒子間に浸透し、土・砂・岩の粒子を接着するとともに、樹脂同士が融着し保護層を形成する。土・砂の粒子間に樹脂が点在して接着しているために、樹脂が点在する事となり、素材の透水性・透湿性を大きく損なう

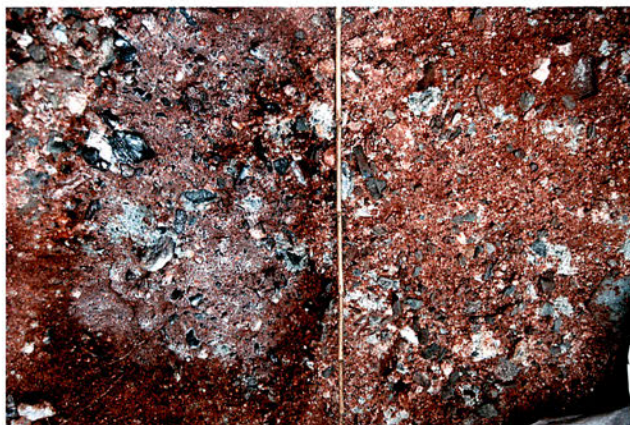


図2 岩体強化実験箇所（左半分が樹脂塗布箇所）  
Fig. 2 Consolidation of Cave (Left part: treated)

表1 石窟におけるNC塗布による崩落量の推移（2009年、単位g）

Table 1 Process of falling in cave

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
未処理	0.54	0.32	0.28	0.14	0.28	0.27	0.26	0.31
NC塗布	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02



図3 光合成阻害剤による着生生物の除去試験

A：処理前（左から無処理，1回塗，2回塗，湿布+1回塗）

B：6ヵ月後 C：18ヵ月後

Fig. 3 Effect of Photosynthesis inhibitor for removal of epiphytes on stone

A：Before Treatment (Untreatment, one coat, two coat and poultice + one coat from left)

B：in 6 months C：in 18 months

ことはない。透湿性についても、同様な効果が想定されている。中国麦積山石窟で実施されたデータを示す。試験は2009年3月より実施し、石窟の天井左半分に60mlのエチレン酢酸ビニル樹脂10%水溶液をスプレー散布した。評価方法は塗布を行っていない右半分との崩落量の比較により行なった（図2）。その結果、エチレン酢酸ビニル系樹脂を塗布した範囲では無処理と比較して崩落量におよそ10倍以上の差が得られている（表1）。

新しいクリーニングについて、着生生物の除去として光合成阻害剤を用いた処理も一部で使われている。これは地衣類から抽出した成分を主とし、ウスニン酸とウスニン酸溶剤を有効成分とする。塗布後、対象物内部の空隙内で結晶化することで長期間石造物に残留する。それが雨水等によって徐々に溶解し、繁藻抑制効果を持続させることになる。図3にカンボジアでの除去試験の経過写真を示す。この薬剤は石材に影響がないことが文化財の修復を手掛ける研究所により確認されている（Tretiachら：2007）。

#### 4. まとめにかえて

1970年代に相次いで整備された元興寺仏教民俗資料研究所保存科学室（坂田：1971）、正倉院事務所保存科学

実験室（永嶋：1973）、奈良教育大学古文化財教育研究室（市川：1971）などの設立当初の原稿を改めて読むと、当時の文化財が抱えるさまざまな課題に対してどのように自然科学が適用できるのか、または立ち向かおうとする使命を感じた。その使命は今も受け継がれてはいるものの、本論をまとめるに当たり近年の日本の保存科学分野の技術は発展が乏しく感じられた。材質分析や環境計測など主に機器分析による精度が向上または新たな機器が開発され、文化財の劣化機構や素材に関する情報は従前と比較して多くなっている。しかし、新たな保存処理技術や保存処理材料の開発は近年少なく、欧米で開発された技術を多くの現場で採用している。

現在、文化財を取り巻く環境は大きく変化している。資料を保管する博物館や資料館も老朽化し、加えて空気質の新たな基準（神庭ら：2014）も設けられようとしている。文化財資料に積極的な活用が期待され始めている変化に従来の保存科学、保存処理は対応しているのか、その問いを繰り返しながら研究が発展することを期待してやまない。

## 引用文献

- 合澤哲郎・西山要一 2011 「インヒビターを用いた出土鉄製品の科学的保存処理についての研究」『日本文化財科学会第 28 回大会発表要旨集』 pp.298-299
- 青木繁夫・樋口清治・西浦忠輝 1985 「生駒親王墓の保存修復」『石造文化財の保存と修復』 pp.140-143
- 青木繁夫・平尾良光・門倉武夫・犬竹和 1990 「新設脱塩装置について」保存科学 29 pp.69-85
- 青木繁夫・犬竹和 1995 「象嵌された遺物のプラズマによる保存処理について」保存科学 34 pp.1-7
- 秋山隆保 1983 「出土鉄器脱塩処理法の研究」『文化財論叢』同朋社 pp.1233-1245
- 新井英夫 1985 「石造文化財の生物劣化とその対策」『石造文化財保存と修復』 pp.84-95
- 伊藤健司・植田直美・大国万希子・米村祥央・藤田浩明 2001 「保存処理後遺物の経年調査(1)」『日本文化財科学会第 18 回大会発表要旨集』 pp.190-191
- 伊藤延男・樋口清治 1985 「史跡・伝徳一廟石塔の保存処理」『石造文化財の保存と修復』 pp.129-133
- 市川米太 1971 「奈良教育大学古文化財教育研究室」考古学と自然科学 4 pp.59-62
- 江差町教育委員会 1982 「3 保存処理」開陽丸 海底遺跡の発掘調査報告 I pp.302-317
- 大江克己 2013 「鉄製遺物の科学的保存処理に関する脱塩処理法の研究～水酸化リチウム水溶液とアルコール溶液の併用法の有効性～」『奈良大学大学院研究年報第 18 号』
- 尾崎誠 2004 「アルカリイオン活性水による出土金属製品の脱塩処理法に関する研究と開発」科研 2002-2004
- 金子克美 1992 「古代鉄試料の錆の状態分析」『国立民俗博物館研究報告』38 pp.273-285
- 河越幹男・山口清美・澤田英夫・川本耕三 2001a 「圧縮成型含塩鉄器からの脱塩処理に及ぼす含フッ素・オリゴマーの添加効果」考古学と自然科学 43 pp.25-39
- 河越幹男・山口清美・澤田英夫・川本耕三 2001b 「出土鉄器の脱塩処理に及ぼすベタイン型フッ素オリゴマー添加効果」『日本文化財科学会第 18 回大会発表要旨集』 pp.194-195
- 河越幹男・川本耕三 2003 「含フッ素オリゴマー添加溶液で脱塩処理した圧縮成型含塩鉄器の長期保存」『日本文化財科学会第 20 回大会発表要旨集』 pp.158-159
- 川野辺渉・宮尾健吾・田島弘之・西口裕泰 2000 「第五福竜丸エンジンの保存処置について」保存科学 No.39 pp.59-63
- (宗)元興寺・勅元興寺文化財研究所 2012 「出土金属製品」『文化財の保存・修復の半世紀』 pp.14-25
- 神庭信幸・和田浩・荒木臣紀・西邑雅未・中村恵子 2010 「収蔵庫内の空気汚染物質に対する濃度指針の検討」『文化財保存修復学会第 32 回大会講演要旨集』 pp.20-21
- 京都造形芸術大学 2002 『文化財のための保存科学入門』飛鳥企画 375p
- 坂田俊子 1971 「元興寺仏教民俗資料研究所保存科学室」考古学と自然科学 4 p.57
- 澤田正昭 1997 『文化財保存科学ノート』近未来社 212p
- 柴崎浩平 2010 「第 128 回日本民具学会研究会報告」『民具研究 142 号』 pp.84
- ディビット ワトキンスン 2002 『出土遺物の応急処置マニュアル』柏書房 179p
- 永島正春 1973 「正倉院に保存科学実験室を整備するにあたって」考古学と自然科学 6 pp.85
- 西浦忠輝 1977 「石造文化財の修復措置に関する研究(I)－樹脂強化処理石材の耐久性－」保存科学 16 pp.17-29
- 西浦忠輝 1985 『石造文化財の保存と修復』 pp.97-119, 134-139, 144-151
- 西山要一 1983 「出土鉄器の保存－現状と諸問題－」古文化財の科学 28 pp.59-64

- 樋口清治・岩崎友吉 1971 「日光男体山山頂祭祀遺跡出土鉄器の保存処理」 保存科学 7 宗pp.61-68
- 樋口清治・青木繁夫 1972 「黄金塚古墳出土鉄器の保存処理について」 保存科学 9 宗pp.25-34
- 樋口清治 1985 「石造文化財の修復における合成樹脂の応用とその問題点」 宗『石造文化財の保存と修復』 pp.121-128
- 平井昭司・越智泰之 2005 「煎茶処理した古い鉄釘の再利用」 『日本文化財科学会第 22 回大会発表要旨集』 pp.68-69
- 古橋裕悟・長友恒人 2009 「吉備塚古墳出土挂甲の保存処理と復元」 『日本文化財科学会第 26 回大会発表要旨集』 pp.340-341
- 松井敏也・村上隆・高田潤 2000 「海洋遺跡出土鉄製品の腐食に関する研究～開陽丸遺跡出土鑄造鉄製品について～」 『日本文化財科学会第 17 回大会発表要旨集』 pp.186-187
- 松井敏也 2009 『出土鉄製品の保存と対応』 宗同成社 p.151
- 松井敏也・手塚均・及川規・鈴木孝行・有田採子 2001 「金属製遺物の腐食に影響を及ぼす埋蔵環境因子の解明～その 1～」 『日本文化財科学会第 18 回大会発表要旨集』 pp.192-193
- 松田隆嗣・姫嶋智晴・渡辺哲志・豊田拓男 1997 「金属用脱酸素剤を用いた出土金属製品の保管の有効性について」 文化財保存修復学会誌 41 pp.25-37
- 松井敏也・末森薫 2011 「麦積山における保存修復科学共同調査」 宗『麦積山石窟環境と保護調査報告書』 文物出版社 pp.112-126
- 三石正一・宮崎毅・溝口勝・井本博美 2005 「遺構保存用の親水性ポリマーが土壌中の水分移動に与える影響」 考古学と自然科学 51 宗 pp.35-48
- 柳田明進・脇谷草一郎・高妻洋成 2013 「塩化鉄(Ⅱ)が付着した鉄製遺物の大気腐食に及ぼす湿度の影響」 『日本文化財科学会第 30 回大会発表要旨集』 pp.84-85
- 山岡奈美恵・川本耕三・江野朋子 2005 「金属製品保存処理材料の光劣化の研究」 『日本文化財科学会第 22 回大会発表要旨集』 pp.316-317
- 山路康弘・安田奈央 2008 「石造文化財の保存修復用撥水剤の開発」 『日本文化財科学会第 25 回大会発表要旨集』 pp.352-353
- 山村健生・渡辺智恵子 2009 「出土鉄製品の脱塩処理の効率化について－ 1 －」 『日本文化財科学会第 26 回大会発表要旨集』 pp.342-343
- 脇谷草一郎・山路康弘・高妻洋成・肥塚隆保 2008 「新規に開発された石造文化財の撥水処理剤に関する研究」 『日本文化財科学会第 25 回大会発表要旨集』 pp.90-91
- Bibra Emst Freiherr 1869 “Die Bronzen und Kupferlegierungen der alten und ältesten Völker, mit Rücksichtname auf jene der Neuzeit” Harvard University p.210
- Bradley A. Rodgers 2004 『The Archaeologist’s Manual for conservation』 Springer 214p
- Catherine Sease 1988 『A Conservation Manual for the Field Archaeologist』 Cotsen Institute of Archaeology Press 120p
- David Thickett 2012 “Post Excavation Changes and Preventive Conservation of Archaeological Iron” Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of the University of London 323p
- Finkener 1886 “Erkennung leichter Vergoldung und Versilberung” Zeitschrift für analytische Chemie 25(1) pp.262-263
- Giulio Cesare Borgia・Mara Camaiti・Fanny Cerri・Paola Fantazzini・Franco Piacenti 2003



- “Hydrophobic treatments for stone conservation: influence of the application method on penetration, distribution and efficiency” *Studies in conservation* 48 pp.2217-226
- Krefting A. 1892 “*Om nogle Metaller Oxydation ved noitralt Saltes Medvirken.*” Christiania Videnskabs-Selskabs, Forhandling 16 pp.1-11
- Lewin 1974 “Rationale of The barium hydroxide-urea treatment of decayed stone.” *Studies in Conservation* 19 pp. 24-35
- Luigi Dei • Barbara Salvadori 2006 “Nanotechnology in cultural heritage conservation: nanometric slaked lime saves architectonic and artistic surfaces from decay” *Journal of Cultural Heritage* 7 pp.110-115
- Madsen 1967 “A preliminary note of the use of benzotriazole for stabilizing bronze objects” *Studies in conservation* 12 pp.163-167
- Mauro Tretiach, • Paola Crisafulli • Nobuhiro Imai • Hiroyuki Kashiwadani, • Kwang Hee Moon • Hiroyuki Wada • Ornella Salvadori 2007. Efficacy of a biocide tested on selected lichens and its effects on their substrata. *International Biodeterioration & Biodegradation* 59 pp.44-54
- Moncrieff Anne 1976 “The treatment of deteriorating stone with silicone resins” *Studies in Conservation* 21 pp.179-191
- Munnikendam 1973 “A new system for the consolidation of fragile stone” *Studies in Conservation* 18 pp.81-87
- Petrie 1904 “*Method & Aims in Archaeology*” Macmillan p.296
- Plenderleith 1966 “*La Conservation des antiquités et des oeuvres d’art*” p.299
- Rathgen F 1889. “Über eine neue Anwendung des elektrischen Stromes zur Konservierung antiker Bronzen.” *Prometheus* pp.196-198
- Rathgen Friedrich 1924 “*Metalle und Metalllegierungen, organische Stoffe*” *Die Konservierung von Altertumsfunden II & III. Teil* p.174
- Rosenberg Gustav Adolf Theodor 1917 “*Antiquités en fer et en bronze, leur transformation dans la terre contenant de l’acide carbonique et des chlorures et leur conservation*” Copenhagen, Gyldendal p.92
- Scott A. 1921 “*The cleaning and restoration of museum exhibits*” *Investigations Conducted at the British Museum London H.M.S.O press*
- 金洋辰 2013 「鉄製遺物の脱塩方法および腐食生成物の研究」『奈良大学大学院研究年報第 18 号』 pp.103-105
- 조현경 • 조남철 •姜炯台 2008 「青銅遺物保存処理用の表面強化処理剤の比較研究」『日本文化財科学会第 25 回大会発表要旨集』 pp.364-365
- 趙南哲 • 李恩智 • 李鍾明 • 喻在恩 2011 「Dry-ice Cleaning を利用して鉄製遺物の表面汚染物除去研究」『日本文化財科学会第 28 回大会発表要旨集』 pp.180-181
- 朴芝然 2007 「環境による金属の劣化実験 - 別府地域の環境が金属に及ぼす影響について - 」『日本文化財科学会 2007 研究発表要旨集』 pp.272-273
- 李素妍 • 松井敏也 • 吉川英樹 2009 「出土鉄製文化財における微生物腐食の研究(2)」『日本文化財科学会第 26 回大会発表要旨集』 pp.344-345

李素妍・松井敏也・吉川英樹 2010 「絹繊維の分解劣化における鉄還元菌の影響」『日本文化財科学会第  
27 回大会発表要旨集』 pp.104-105

(2015 年 4 月 25 日受付, 2015 年 6 月 20 日受理)

# Trends and Prospects of Conservation Treatment for Inorganic Assets

---

**Toshiya MATSUI**

World Heritage Studies, Faculty of Art & Design, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574, Japan

---

The amount of information about the degradation mechanisms and materials of cultural artefacts has increased because of improvements in instrumental analysis, such as material analysis and environmental measurements, and the development of new equipment. However, there have been few recent advances in conservation science techniques and materials in Japan, and the methods used in Japan have been developed in Western countries. Currently, the development of Japanese conservation technology and conservation sciences for inorganic materials is poor. This paper provides an overview of the research history of Japanese conservation sciences, especially of metal, stone, and earthen materials, to shed light on the research trends in this field.

In metal conservation, the focus was initially on the removal of dirt and corrosion layers on metal surfaces. Protective agents for surface coatings were used to preserve the original colour of metal materials once restored. In the 20th century, many laboratories and research institutes were established, and the view on metal conservation changed. The process of removing all corrosion layers was debated, and consensus was reached on preserving surfaces as they were.

Conservation science research in Japan advanced rapidly in the 1970s, when examples of foreign practice were imported, and research on various desalination treatments, materials, and conservation materials developed. In recent years, environment and prevention have become central to research on metal materials, and there are many studies on corrosion mechanisms.

In the preservation of rock and earthen assets, research on salt weathering developed quickly, as well as the removal of water-soluble salts and refractory salts. Cleaning techniques for stone surfaces other than the mechanical brushing method were developed, including chemical cleaning techniques and epiphytic organism removal methods that exploit the ecology of the organism. Since the 1970s, impregnating reinforcing materials for rock have been used, such as acrylic resins, epoxy resins, and silicate resins. More recent resins include ethylene vinyl acetate.