

文化財保存科学研究概説

関 野 克

I. 文化財保存科学の意義と保存科学部

文化財保存科学は、第2次世界大戦後急速に発展した学問の分野であって、戦時中に破損したり、管理の悪かった文化財の積極的な保存と修理の需要の増大に伴ない、この方面での科学的な研究は一段と進歩し、加えてその応用技術の新しい展開が顕著となった。

文化財保存科学は、文化財の構造と材質の究明と、内的外的条件によって生ずる変化及び老化の現象を分析し、文化財の保存と修理に役立たせる目的をもっている。すなわち文化財保存科学の第一歩は文化財について、各種材質からなる有機的な構造の忠実な観察から始められる。 γ 線、X線、紫外線、可視光線、赤外線による写真撮影の各種（普通写真、立体写真、透視写真等）及び双眼実体顕微鏡、電子顕微鏡等の利用の分野がある。次に化学分析は材質の組成を知る上に基本的であるが、文化財は貴重で、少量の試料の提供さえ困難であるので、微量分析、分光分析から非破壊分析に発展している。材質の老化については経年強度試験や褪色測定が必要であり、特に動・植物に関しては含有 ^{14}C の放射能の減衰率から年代判定を行なうことも可能になって来つつある。

文化財保存科学のもう一つの焦点は、文化財とそれをめぐる外的条件、すなわち環境との関係であって、光、温湿度、水、汚染空気、害虫、黴菌、震動等の文化財に及ぼす影響とその防除についてである。不良環境は老化と破損乃至崩壊の主な原因であり、文化財の保存と修復は、環境の改善を行なうと同時に破損したものの科学的な修理を実施することである。それは病理学における予防と治療の立場に似ている。

わが国でのこの種研究の沿革が、化学者、物理学者、生物学者による文化財の研究に基礎をおいているので、本研究所に化学、物理、生物の研究室を最初におき、やがて修理技術に研究精華を総合できるように修理技術研究室を追加設置した。

II. 保存科学に関する研究の沿革

a. 保存科学部設置以前

日本で最初に科学的保存処置が要望されたのは、法隆寺の金堂壁画であって、最初の調査は、科学者によつて1916年—1920年（大5～9）の間継続され、壁画の硬化法の一案が試験されたが、全面的に実施するまでにいたらなかった。

文化財、特に美術品について、自然科学的な研究の必要を提唱したのは、滝精一博士で1933年（昭8）古美術自然科学研究会が博士によって発足した。1939年（昭14）にはこの研究会の会員が中心となり法隆寺壁画保存調査会が設けられた。その第2部の理化学関係の主任に中村清二博士がなり、実際方面は応用化学の田中芳男博士と桜井高景博士が担当した。不幸、壁画は1949年（昭24）焼損したが、その後何年間を要して浜田稔博士による壁体の

安全移動と相俟って、桜井博士等は新材料である合成樹脂による壁画の剝落どめと土壁の硬化に成功した。

滝博士の研究会は、戦後、柴田桂太博士、柴田雄次博士によつて継承され、古文化資料自然科学研究会として、関係方面の研究者を擁して、1951年（昭26）以来機関誌「古文化財之科学」を発行してきている。

1948年（昭23）国立博物館保存修理課の中に保存技術研究室が設置された。これは正に現在の保存科学部の前身であつて、古文化資料自然科学研究会は、同年度に学術研究会議の特別委員会として成立しており、その協力を得て発足したのであつた。研究室は法隆寺の壁画の移動についての試案に協力し、又中尊寺藤原三代遺体の調査と保存に協力した。

法隆寺金堂及び金閣寺等の火災を契機として、文化財保護法が新しく公布され、それに基づいて1950年（昭25）8月28日文化財保護委員会が発足し、保存技術研究室は、文化財保護委員会事務局建造物課に移された。

b. 保存科学部設置以後

1952年（昭27）4月1日、東京国立文化財研究所に美術部、芸能部と並んで保存科学部が並置され、事務局建造物課の保存技術研究室は、ここに移され化学、物理、生物の研究室からなる組織となつた。

1953年（昭28）4月26日、研究室は東京国立博物館地下室から、同構内の独立木造40坪の平家建に移り、特に物理、生物の研究室の施設の充実を計かり、1957年（昭32）アイソトープ格納庫を新設したが、ようやく新営が認められ、1962年（昭37）4月鉄筋コンクリート2階建、延面積、662平方メートルの現庁舎に移ることができ、試験室、修理アトリエ、図書資料室、会議室等が整備された。同年7月新たに修理技術研究室が発足した。

これより先1958年（昭33）受託研究の制度を設けた。主として文化財建造物の修理に関し彩色文様、壁画、板絵、障壁画等の剝落どめ等を実施してきている。

III. 文化財保存の諸問題と保存科学

文化財保存の諸問題は、多岐にわたり、その解決は容易でないし、むしろ科学的処置の過信や乱用は慎まなければならない。本研究部が、この十年間にわたつて得られた精華は微々たるものであるが、その主要な研究の概要を記せば、下の如くである。種々指導を賜つた斯道の先輩諸氏に謝意を表する次第である。

1. X線、 γ 線透視撮影

X線、 γ 線の美術品への利用は、東京国立文化財研究所の光学研究班で著しい発展をみた。これは美術部と保存科学部の協力で行なわれた。特にX線は東大の中山秀太郎博士の指導であつたが γ 線は保存科学部で開発した。X線による重複した絵画の発見や、木彫の内部構造の解明には多大の貢献があつたし、 ^{60}Co による γ 線の利用は、法隆寺献納四十八体金銅仏の空洞や鑄上りの状況を明らかにした。

1956年（昭31）薬師寺本尊台座修理に当り多数の γ 線透視撮影を行なつて、同台座修理に貴重な資料を提供することができたし、更に1959年（昭34）鎌倉大仏については大規模に実施し、鑄造技術の解明、亀裂と巣の探査、厚さの測定に役立った。

1961年（昭36）金色堂の内陣部分の柱・長押・無目・斗組等に関しX線撮影を実施し、部材内部の虫害、腐朽状況の診断とともに、巻柱の構造を明らかにしている。

2. 古代の金属・染料・顔料等の分析

従来、考古学方面で、早くから支那の古銅器や日本の銅鐸、鏡、銅銚、銅剣などについて金属の定量分析は行なわれてきているが、最近では修理にあたって薬師寺月光菩薩の台座裏の鋳張りや、鎌倉大仏の胎内肩部や底部から採取した試料からの化学定量分析が代表的であり、それらの修理補強に役立った。

古代の鉄は古墳からも出土するが、歴史時代を通じての資料は、重要文化財建造物の解体修理時に得られる釘であって、入手が比較的容易であるので、これら各時代の鉄釘の分析は、日本の製鉄の技術史を解明する上で極めて有力な資料といわねばならない。

一般に重要文化財の材質の分析のため試料を得ることは禁じられているので、微量分析ならざるを得ず、分光分析は有力な武器であるが、更に最近の非破壊分析の発達によって著しく分析が容易となってきた。

放射化分析は中性子等で照射した後、ガイガー・ミネラー計数管で測定するのであるが、金沢城石川門の鉛瓦の中に金があるといい伝えられていたが、測定値は銀と判定され、それは分光分析とも一致し、化学分析によれば 0.05% の含有量と知れた。

1961 年（昭 36）当研究所に X 線蛍光分析装置を設置し、分析の速度を上げることができるようになった。永仁の壺の真偽をめぐって古瀬戸の釉について研究を行なったのが契機となった。

3. 蛍光燈の文化財に及ぼす影響

日本で蛍光燈が初めて文化財関係に用いられたのは、1940 年（昭 15）で、法隆寺金堂の壁画模写に必要な照明のためであった。戦後蛍光燈の一般化は、世界的現象であって、博物館にも用いられるようになったが、俄然、螢光燈の美術品に及ぼす影響の有無が問題になった。その影響の一つは演色性であり、他は染料・顔料に与える褪色である。特に後者について、日本の古代裂は植物性染料を用いているので変色が容易であるし、日本画の顔料は殆んど露出しているので、影響は油絵以上である。13 種類の日本画用絵具について、20W の昼光色の螢光燈から 160 mm 程離して露光したところ、450 時間で、丹が最も変色し、洋紅はこれについで、この変化は紫外線フィルターを使用した場合も確認され、可視光線部での影響も否めなかった。

褪色性の問題は、戦後早くも 1950 年（昭 25）ストックホルムで開かれた ICOM で取り上げられ、1953 年（昭 28）のロンドンのナショナルギャラリーで開かれた最終会議で实际的助言がなされた。それは必要以上明るくしないこと。光源と被照明体との間に最低 3 mm の厚さの普通の板ガラスを挿入すること。又は照明を間接照明にすること。又は散光性の合成樹脂のスクリーンを用いること。光による変質度は、40°~50° 以上の温度で湿度の高い場合は変質の危険性が著しいこと等が挙げられている。保存科学部ではそれらの追試を行なった。

4. 密閉梱包についての保存処置

1958 年~1959 年（昭 33~34）に、ヨーロッパで、日本古美術の巡廻展が開催され、多数の国宝、重要文化財の絵画・彫刻・工芸品等が海上輸送された。このとき文化財保護委員会は密閉梱包を条件としたので、本保存科学部はゲルによる湿度調節を開発した。従来吸湿剤として一般に使用されているシリカゲルや科研ゲル等に関し、これらが単に湿度を吸収するばかりでなく、密閉状況下では、平衡状態に達して以後、温度の変化に応じて、湿気を出し入れして、よく湿度を一定に保つことが発見され、これを応用して成功した。梱包空間 1 m³ に 1 kg の割合で科研ゲルを添附し、文化財とともにポリエチレン塗装の布の気密袋に

封入し、それをブリキで内張された茶箱様の箱に納めた。封入に先き立ち文化財はメチルプロマイドで燻蒸し、ゲルと共に当時 10°C 、 50% の温湿度にシーズニングを行ない、一方必要あるものは予めアクリル樹脂で剝落どめを行なった。

船艙温度は印度洋から紅海にかけて 30°C 以上を記録した。この場合ゲルが封入してなかった場合の理論的の湿度は 15% に低下する。但し往路に使用された木が乾燥していなかったことと、防黴剤の封入がなかったこと、ゲルの袋の殺菌を行なわなかったことで黴の発生を一部にみたので、帰路は防黴剤としてパラフォルムアルデヒドを封入して事なきを得た。

5. 空気汚染

特に都会地の空気は近年益々汚染されている。塵埃中には各種の微生物である菌や虫の卵を含有しており、文化財に附着すれば、発生して有害な結果を生ずるし、ガスは直接文化財の材質を侵すことがある。仮令微量であっても積年の結果は無視できない。

保存科学部は 1956年～1958年（昭 31～33）当時議会の問題にまでなった正倉院に関する空気汚染の影響の有無の調査研究にあたった。

校倉附近では、百葉箱中に下向きに置かれた銀の試片について、1ヶ月で容易に表面が黒褐色になり、その表面の電子廻折によると、明らかに結晶質を示し、解析の結果 Ag_2S と断定された。又一方寒剤で液化濃縮した汚染分は、質量分析の結果、硫化水素、亜硫酸ガスと僅少のメルカプタンが検出されている。汚染空気は奈良盆地全体に亘って滞留しているらしく、東大寺二月堂背後の山復、正倉院専用貯水池でも、奈良博物館でも、銀について前記同様の現象がみられた。

正倉院校倉外の亜硫酸ガスは阪神地方及び京都地方の市街地帯郊外の冬期の平均より低い程度のものであったが、東京国立博物館構内の保存科学部脇では一桁違ひ程悪化していることが判明した。

6. 新薬剤による防虫、防黴

日本の風土は高温多湿であるため、虫及び黴による文化財の被害は極めて一般的である。勿論文化財は保存上、虫や黴の繁殖に都合のよい温湿度を避けて適当な温湿度に保持されなければならない。近年博物館や収蔵庫の空気調節が漸次用いられるようになってきたのもそのわけである。しかし一度虫害を受け、或は黴の繁殖を被った文化財については、殺虫と殺菌を行なわねばならない。

殺虫に使用される薬剤は、メチル・プロマイド (CH_3Br) で、これで燻蒸するのであるが、殆んど文化財に影響の無いことと、取扱いに便利であることで、戦後開発された。メチルプロマイドは圧力罐の中に液体として封入され、常温圧で直ちに気化し拡散性に富んでいるので、室内を目張りして気密にする程度で有効で、重ねられた本の間にもよく浸透する。開放時には室外に極めて容易に拡散してしまふ利点がある。又ポリエチレン製の蚊帳を張り文化財をいれ燻蒸することができるので作業が極めて容易で効果大きい。1955年（昭 30）増上寺の経藏内の輪藏に収められている約1万5千冊の重要文化財である大藏経に応用したのは大規模の例である。このとき東大生産技術研究所の勝田博士の協力を得て藏内の気密度の測定を炭酸ガスを利用して実施してもらった。

防腐剤としては、戦後ペンタクロロ・フェノール $\text{C}_6\text{Cl}_5\text{OH}$ (P. C. P.) とそのナトリウム塩 $\text{C}_6\text{Cl}_5\text{ONa}$ (P. C. P.—Na) が一般化した。前者はメタノール・エタノール・石油に可溶であり、後者は水溶性で取扱いよく、且つ無色で殆んど着色しないし、鉄・銅・銅・真鍮を腐蝕しない。P. C. P. は森徹博士によって 1950 年（昭 25）法隆寺五重塔に使用された

のが最初で、その後、建造物修理現場に一般化した。P. C. P.—Na は普通、水溶液中に材料をオープン・タンク中で浸漬させるが、ボイラーで蒸気を吹きこむ熱冷浸漬法を 1953 年(昭 28) 高知城天守用材に応用し一層効果をあげた。

又 P. C. P.—Na は塗布後、硫酸アルミニウム等を加え不溶性とすることができるので、鎌倉円覚寺舍利殿の屋根に利用された。

日光の漆彩色では修理後黴の発生を見、汚点を残すので、黴を採取し培養の上種々の薬剤を試験した結果、その時用いた P. C. P. は顔料の中特に緑青、白緑に影響がみられたので、影響の殆んどない 0.5% のデヒドロアセチック・アシッド・アルコール溶液を 2～3 回吹付けることによって黴の害から救うことができるよう考えられ、日光で試験中である。

7. 合成樹脂の応用

法隆寺金堂の焼損壁画の取り外し、及びその硬化は一大事業であった。1951年(昭 26) 7月から 1955 年(昭 30) 1月完成まで 4年半を要したが、東大の浜田稔及び桜井高景両博士の指導によって、アクリル樹脂による彩画面顔料の剝落止めと、尿素樹脂による壁の硬化に成功し、合成樹脂による修理技術の基礎が確立された。1953年～1955年(昭 28～30) には、平等院鳳凰堂、1955年～1956年(昭 30～31) には、醍醐寺五重塔の板絵及び建築彩色装飾及び彩画の剝落止めに発展した。又一方障壁画については、1953 年(昭 28) 仁和寺孔雀明王図、1955 年(昭 30) 大樹寺襖絵等に応用され、ほぼ合成樹脂による剝落止めの修理技術は大成された。もっともその間に新技術についての批判があり、反省されたことがあったが、慎重に実施されたものについては却って自信が得られた。

古代裂の補強には P. V. A. の水溶液が有効であり、建造物関係の古材の強化や接合には尿素樹脂が最も便利で、既に修理現場に一般化している。考古学的遺跡から出土した水漬しの木製品等についても合成樹脂による硬化は可能であるが、乾燥による歪の除去についてなお問題をのこしている。今後なお多くの臨床実験を要する。千葉県竜ヶ崎出土の丸木舟の硬化を 1957年～1958年(昭 32～33) 実施し、遺跡の保存については蜷塚で試みており、貝塚や住居址の露出保存に有効であることが実証された。

又珪素樹脂のもつ撥水性は、雨露に曝される木材表面に樹脂を塗布した場合は腐朽から護られるし、石に塗布した場合は凍結による凍結割を防止するに有効であり、前者については三溪園臨春閣の柿茸屋根、後者については廃補陀落寺丁石の例がある。

最近ではガラス繊維の織物を、エポキシ又はポリエステル樹脂で積層する強化プラスチックの応用が期待されてきており、1960 年(昭 35) 浜田博士の指導で鎌倉大仏の頸部補強に始めて応用した。

文 献

東京国立文化財研究所光学研究班：光学的方法による古美術の研究。昭 30。

登石健三：⁶⁰CO よりの γ 線による小金銅仏の透視写真。古文化財之科学，昭 29。

Kenzo Toishi: Characteristic Features of Eastern Bronze Buddhas as shown by Gamma Radiography. Museum, Vol. XI, No. 4, 1958.

薬師寺：国宝薬師三尊等修理工事報告書。1958(昭 26)。

高德院：高德院国宝銅造阿弥陀如来坐像修理工事報告書。1961(昭 26)。

関野克，登石健三，石川陸郎：X線透視による金色堂の研究。日本建築学会論文報告集，第81号，昭 38。

江本義理：放射化分析の古文化財への応用。古文化財之科学，13号，昭31。

- 江本義理：錆びない法隆寺の釘. 金属, 31巻, 8号, 昭36.
- 江本義理：X線分析による古文化財の材質研究. 理学電機ジャーナル, 4巻, 1号, 昭37.
- 登石健三：染織品の褪色とその防止の研究. 文化財委託研究報告I 一美術品の保存一, 昭35.
- 登石健三, 見城敏子, 石川陸郎：染織品の褪色とその防止の研究. 文化財之科学, 10号, 昭30.
- 登石健三：人工照明の美術品に及ぼす影響に関する最近の議論. 古文化財之科学, 10号, 昭30.
- 呉屋充庸：日本顔料に対する強照明の影響に関する実験. 古文化財之科学, 16号, 昭34.
- 登石健三, 見城敏子：密閉梱包の湿度調節. 古文化財之科学, 12号, 昭31.
- Kenzo Toishi: Humidity Control in a Closed Package. Studies in Cnservation, Vol. IV, No. 3., 1959.
- 東京国立文化財研究所保存科学部：正倉院空気汚染の美術品に及ぼす影響の有無に関する調査研究. 昭31.
- ◇ : 空気汚染の美術品に及ぼす影響. 昭32.
- ◇ : ◇ 昭33.
- 岩崎友吉：古文書類の虫害とその防除について. 古文化財之科学, 5号, 昭28.
- 江本義数：日光東照宮その他の建築の防黴について. 古文化財之科学, 16号, 昭34.
- 森徹, 浅野文夫, 江本義理：柱根の防黴処理方法に関する研究. 古文化財之科学, 4号, 昭27.
- 岩崎友吉：法隆寺重要文化財塑造金剛力士像（呼形）殺虫処置報告. 昭37.
- 江本義数：奈良薬師寺金堂の菌害. 日本菌学会々報, 4巻, 3号, 昭37.
- 岩崎友吉：古代粘土材質の研究, 法隆寺金堂壁体の保存処置について. 古文化財之科学, 1号, 昭26.
- 桜井高景, 岩崎友吉：法隆寺金堂火災後の科学的処置について. 美術研究, 167号, 昭28.
- 柴田雄次, 山崎一雄, 岩崎友吉：法隆寺金堂壁画の火災後に於ける乾燥状況の観測及び同壁面実質の化学組成について. 日本学士院紀要, 第8巻, 第2号, 昭25.
- 岩崎友吉, 茂木曙：重要文化財円成寺堂内陣彩色剥落どめ. 東京文化財研究所保存科学部受託研究報告, 1号, 昭35.
- 国宝明王院五重塔内部彩色剥落止本作業及び木材の科学的処置. ◇ 2号, 昭36.
- 国宝明王院五重塔四天柱塗装処置及び天井板絵彩色保存処置. ◇ 3号, 昭36.
- 国宝西明寺三重塔内部彩色剥落どめ. ◇ 4号, 昭36.
- 重要文化財東照宮内部彩色剥落どめ. ◇ 5号, 昭36.
- 国宝海住山寺五重塔内陣板絵及び彩色剥落どめ. ◇ 6号, 昭37.
- 重要文化財霊山寺三重塔内部彩色剥落どめ. ◇ 7号, 昭37.
- 重要文化財万福寺木額, 柱聯, 榜牌等の剥落どめ. ◇ 8号, 昭38.
- 重要文化財舟屋形内部彩色剥落どめ. ◇ 9号, 昭38:
- 毛利登：染織品の保存法について. 古文化財之科学, 3号, 昭27.
- 岩崎友吉, 桜井高景：蜷塚遺跡の科学的保存処置. 蜷塚遺跡発掘調査報告書, 昭37.