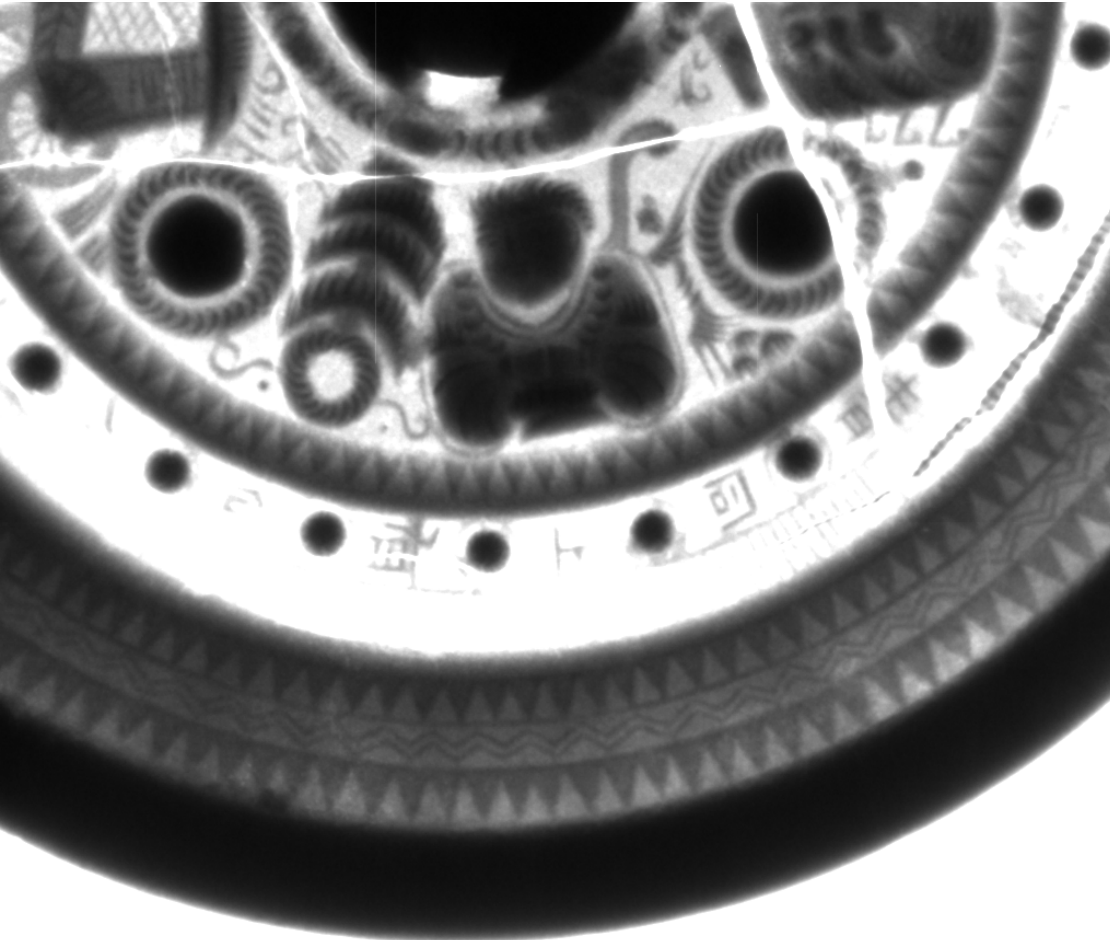


# 第一の発掘

※ — 考古学 × 自然科学 II 新発見?! —



## 第1回 5月22日(土) ※ 福岡市の保存科学

福岡市文化財活用課 比佐 陽一郎 氏

※新型コロナウイルス感染拡大防止のため中止となりました

### 福岡市埋蔵文化財センター

〒812-0881 福岡市博多区井相田2-1-94 TEL : 092-571-2921

講座とリンクした企画展

令和3年6月22日~  
令和4年2月末予定

埋蔵文化財センター  
ホームページ



「福岡市の文化財」  
Facebook



## 福岡市の保存科学

比佐陽一郎（福岡市文化財活用課）

### 1. はじめに

今年度の福岡市埋蔵文化財センターの考古学講座は、『第二の発掘 文化財×自然科学 = 新発見！？』です。

地面に埋まっている過去の人々の生活痕跡を遺跡と呼びますが、土木工事が行われる場合、どのような遺跡が埋まっているかを事前に調べる作業、「発掘調査」が行われます。発掘調査は実際に地面を掘って調べる作業とともに、その成果を報告書にまとめる作業までを含みます。その後、出土した資料や、図面、写真といった記録類が、埋蔵文化財センターに収蔵されます。しかし、これで終わりではありません。出土資料は私たちの歴史や文化を知るための大切な手掛かりとなる「埋蔵文化財」であり、適切な保存管理や活用が必要となります。その中で、新たな視点で資料を見直すことによって、これまで分らなかったことが明らかになる場合もあります。これが「第二の発掘（調査）」です。特に埋蔵文化財である考古資料を自然科学の知識や技術で見ると、多くの、そして新たな情報が得られます。講座のタイトルにはそのような意味が込められています。

文化財の調査や保存に自然科学の知識や技術を用いる研究は、「保存科学」あるいは「文化財科学」と呼ばれます。次回以降、現在、全国で最先端の研究を行っている先生方の成果をお話いただきます。第一回目の今回は、「保存科学」の概要について解説するとともに、福岡市でこれまで行ってきた保存科学の成果について紹介したいと思います。

### 2. 保存科学って何？

少し前になりますが、「弥生時代の始まりが従来考えられていたよりも数百年さかのぼることが明らかになった」とか、「宗像の沖ノ島で見つかったガラス製品がメソポタミア（現在のイラク）で作られた」といったニュースが新聞の見出しになりました。また「高松塚古墳の壁画の劣化が進んだため、解体して保存修理が行われることになった」といった話題もありました。これらの成果の背景には、「保存科学」があります。

歴史資料でもある文化財は、歴史学や美術史など文系の学問分野で取り扱われます。そこでは肉眼観察を基本にした調査研究が行われます。しかし、一つの学問分野だけで考えることには限界があり、理系（自然科学）の知識や技術（装置）を使うことで、多くの、そして新たな情報を得ることができます。また文化財の保存に関しても、特に長い間土に埋まっていた埋蔵文化財は、伝統的な技術や材料での保存では対処できず、合成樹脂や化学薬品を使った保存処理が行われます。更に文化財の適切な保管環境を調べ、維持する場合にも、理化学的な機器は不可欠です。

考古学が事件現場を調べる刑事とすれば、保存科学はテレビドラマにもなっている「<sup>かそうけん</sup>科捜研」（警視庁

等の科学捜査研究所) のようなものです。また、資料の保存処理は病院に例えられます。考古学に比べると保存科学は一般的にあまりなじみがありません。しかし文化財の世界に、思いのほか広く、そして深く関わっているのです。

### 3. 保存科学の具体像

では保存科学の現場では、具体的に何が行われているのでしょうか。

#### 1) 資料の調査

考古資料を含む文化財の調査は、簡単に言えば、その資料がいつ、どこで、どの様に、作られたのか、使われたのかといったことを明らかにするのが目的になります。この調査に理化学機器を使うことで、肉眼観察では分からない様々な情報を得ることができます。

##### (1) 肉眼では見えない部分を見る

##### ① X線を使った内部構造の観察

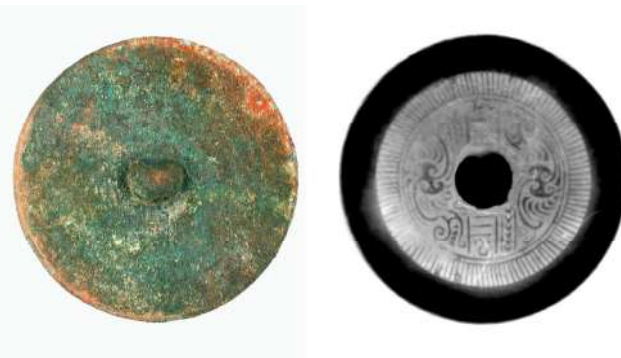
人間は可視光線という種類の電磁波を網膜で感知し、脳がその情報を解析することでものを見ています。しかし可視光線は電磁波の中でもごく限られた領域に属しており、他にも電波から放射線まで様々な種類があります。可視光線以外の電磁波を使い、それを人間の目に見える形に変換することで、普通には見えないものが見えてきます。その一つがX線です。

X線は1895年にドイツ人の物理学者であるレントゲンによって発見されました。そのためX線を使った透過観察の手法はレントゲンと呼ばれます。X線は可視光線に比べて波長が短く、強いエネルギーを持っています。可視光線がものの表面で反射するのに対して、X線はものを透過する力があります。ただし、対象物の厚みや密度によって一部は吸収されます。対象物に対する透過や吸収の違いを、陰影として目で見える形にしたのが透過X線調査です。かつてはその撮影にフィルムが使われていましたが、デジタル技術が進歩した現在は、フラットパネルと呼ばれる、X線のエネルギーを電気信号に変換する検出器が使われています。それによって、観察画像をリアルタイムで見ることが可能となっています。

考古資料の場合、錆びに覆われた金属製品の本来の形状や腐食、破損の状況を見る場面で最も多く使われます。福岡市における庚寅銘大刀の発見もその成果のひとつです。



透過 X線撮影装置



錆に覆われた青銅鏡(左)とその透過 X線画像(右)

(装置の画像は福岡市埋蔵文化財センターのもの、以下同じ)

また、通常の透過 X 線撮影は一方向からの撮影で行われますが、対象物を回転させて、少しずつ角度を変えて撮影した画像をコンピューターで再構成することにより、内部の情報を立体的に観察する CT (Computed Tomography) も、近年、文化財の調査で急速に普及しています。

## ② 赤外線を使った墨書の観察

X 線とは逆に、可視光線よりも波長が長くエネルギーが弱い電磁波である赤外線を使った調査も行われます。赤外線が炭素に吸収されやすいという性質を利用して、赤外線カメラは墨書の観察に使われます。出土資料の木簡は、汚れによって肉眼では墨書が見えにくくなっています。赤外線カメラを使うと、文字を鮮明な状態で読むことができます。福岡市では、鴻臚館跡や元岡・桑原遺跡で出土した木簡の観察によって、古代史に関わる多くの情報を得ることができました。



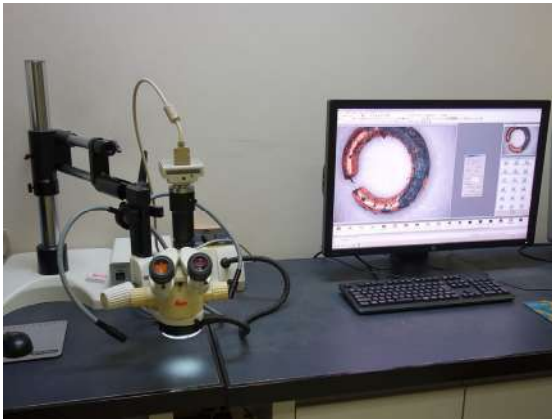
赤外線カメラ(左)と赤外線スキャナー(右)

木簡の可視光線像(左)と赤外線画像(右)

## ③ 顕微鏡を使った細部の拡大観察

電磁波を使う観察とは別に、細かい部分を拡大して観察するのに使われるのが顕微鏡です。顕微鏡には原理や倍率の違いで様々なものがあります。福岡市埋蔵文化財センターでは、主に次の三つが使われます。これらは対象となる資料の大きさや、観察で必要となる倍率などによって使い分けています。

- ・実体顕微鏡…可視光線を使い、レンズで像を拡大する基本的な顕微鏡です。両目を使って対象物を立体視することができます。倍率は 10～40 倍ほどです。
- ・デジタルマイクロスコープ…可視光線を使いレンズで像を拡大しますが、画像は目で直接見るのではなく、CCD と呼ばれる撮像素子でとらえ、モニター上に映し出されます。デジタル技術を使っているため、計測や画像合成、疑似的な立体画像の生成なども可能です。倍率は 20～160 倍です。
- ・電子顕微鏡…可視光線ではなく、細く絞った電子線を試料に照射し、試料から放出される二次電子などの情報を可視化して観察します。通常のレンズを使った顕微鏡に比べて分解能が高く、高い倍率での観察が可能です。仕様上は数万倍までの拡大が可能です。通常使用するのは 50～数千倍程度です。特徴的な顔料の粒子レベルでの観察や、繊維、金工技術の詳細観察のほか、被写界深度 (ピントの合う幅) が広い利点を生かし、土器に残された種子や昆虫の圧痕から型を取ったシリコーン型の観察にも用います。



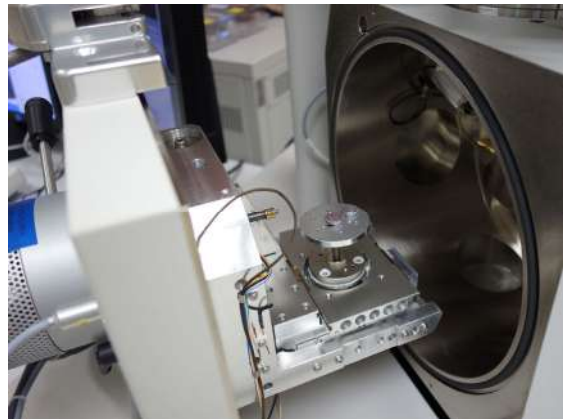
実体顕微鏡



デジタルマイクロスコープ



電子顕微鏡



電子顕微鏡の試料室を開けた状態

## (2) 材質を調べる

考古資料の観察で、土器や石器、木製品など、最上位の分類は肉眼でも十分に可能です。しかし、含まれている元素の種類や、細かい石の鉱物組成まで知ることはできません。例えばガラス製品は、日本では弥生時代に使用が始まります。ガラスは石英に様々な材料を添加して作られますが、地域や時代によって使われる材料に特徴のあることが分かっています。しかし出土するガラスにどのような素材が使われているのかを、外見だけで判断することはほぼ不可能です。また、古代の人々は緑色の石を装身具に使用します。その代表格は北陸地方で産出するヒスイ輝石<sup>ヒスイ</sup>です。他にもいくつかの種類がありますが、肉眼観察だけでそれらを識別するには相当な訓練が必要になります。

そのような場合に使われるのが、蛍光 X 線分析装置や X 線回折分析装置<sup>かいせつ</sup>です。どちらも X 線を使いますが、蛍光 X 線は資料に含まれる元素を、X 線回折<sup>けっしょうこうぞう</sup>は結晶構造<sup>けつしょうこうぞう</sup>を調べます。含有元素<sup>がんゆうげんそ</sup>の分析は、より正確に行う場合、資料の一部を採取し、それを化学薬品に溶かして分析する方法もありますが、蛍光 X 線も X 線回折も、ある程度の情報であれば非破壊<sup>ひはかい</sup>で調べることができるため、文化財の調査に広く使われています。

## (3) 産地を調べる

考古学では、その資料がどこで作られたのかが大きな問題となります。ものの動きを知ることは、人の移動や交流の解明にもつながるからです。保存科学の場合、土器や石器、ガラスなど材質分析によって、そ



蛍光 X 線分析装置



X 線回折装置

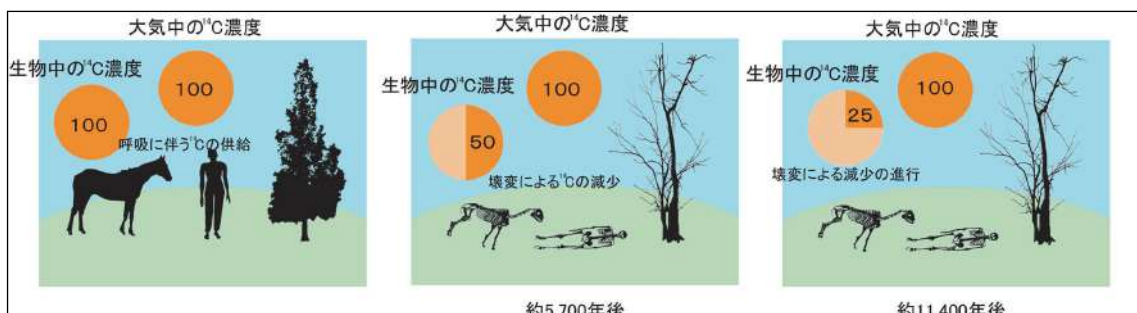
の特徴から産地を推定する方法もありますが、含まれる元素の直接的な産地を知る方法もあります。それに使われるのが鉛や硫黄です。

鉛には幾つかの同位体（同じ原子でありながら中性子の数が異なるもの）が存在し、鉛鉱山が形成される時代によってその比率が固定化されます。そこで鉛に含まれる各種同位体の比率を測定し、鉛鉱山の推定を行うことができます。考古学の資料では青銅器やガラスなど鉛を含む資料が数多くあり、これらは当時の貴重品として流通していたものも多いため、その産地の推定は当時の物流や権力構造を考える上で貴重な手がかりとなります。ただし、言うまでもなくここで明らかとなるのは鉛の産地であって、鉛を含む製品の製作地ではありません。成果の利用にはその点の注意が不可欠となります。硫黄も同様に同位体比による産地推定が可能です。赤色顔料の朱（=辰砂）に含まれる硫黄から、日本産か大陸産かを調べたり、つい最近では博多遺跡群で出土した中世の硫黄の産地分析も行われています。

#### （４）年代を調べる

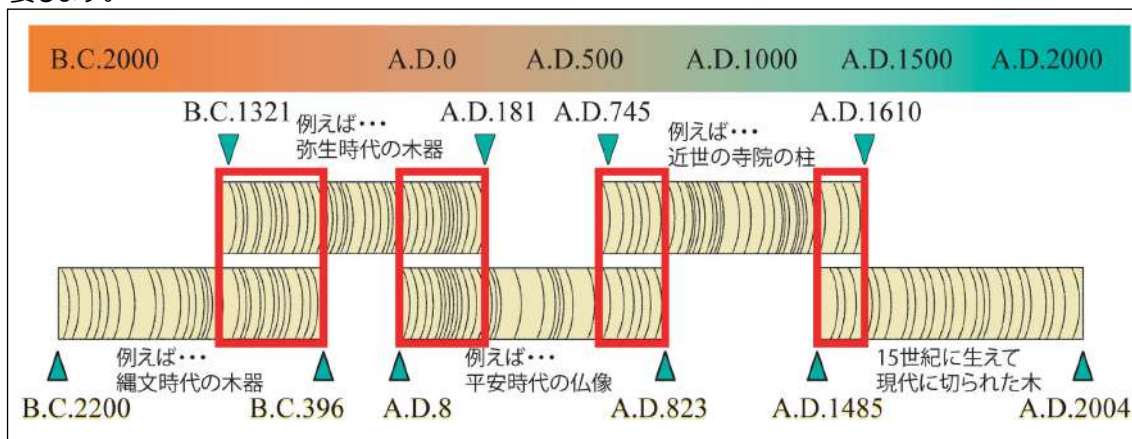
考古学において、その資料がいつの時代のものなのかを知ることは、基本且つ、重要な課題といえます。自然科学的な手法での年代測定に多く用いられるのは、放射性炭素年代測定法、年輪年代測定法があります。

放射性炭素年代測定法は、資料に含まれる炭素の同位体、 $^{14}\text{C}$  を利用します（普通の炭素は $^{12}\text{C}$ ）。時間の経過と共に $^{14}\text{C}$  が一定の割合で減少することから、基準となる資料からどれだけ $^{14}\text{C}$  が減っているかを計測することで時間の経過を計る方法です。国立歴史民俗博物館による研究では、弥生時代の開始年代を大きく遡らせる結果が示されたことで注目されました。



放射性炭素による年代測定の模式図

年輪年代法は、木の年輪が気候の変動を反映し、幅が年ごとに変化する性質を利用します。年ごとの年輪の変動幅を測定した物差しをあらかじめ作った上で、測定対象となる木製品の年輪幅を計測し、どこに当てはまるかを見極めて年代を計る方法です。1年単位での測定が可能となる一方、一番外側の年輪が残っていなければ木材の正確な伐採年代を知ることはできないなど、データ解釈において注意を要します。



年輪年代法における基準の作成イメージ

## 2) 資料の保存

### (1) 資料の保存処理

文化財の中でも埋蔵文化財は、土の中に長い間埋まっているため、特に木製品や金属製品は腐食や劣化が著しく進行しています。これらを適切な状態で将来に伝え、活用しやすい状態にするためには、化学薬品や合成樹脂など、現代的な材料、手法を用いた保存処理が不可欠となります。

木製品は、水を含んだ粘質土の中で真空パックされたような状態で長年埋まっています。それでも微生物による分解がゆっくりと進行しており、細胞の成分が失われ、水を多く含んだ状態で出土します。これをそのまま乾燥させると、野菜や果物がしなびてしまうのと同じように収縮変形して、資料としての価値を失ってしまいます。そこで、含まれる水分を安定した物質に置き換える処置が施されます。使われるのは、ポリエチレングリコール（PEG）という合成樹脂や、トレハロースという人工糖類です。これらの処理材料を水に溶かし、その中に出土木製品を漬け込んで、含まれる水と処理材料を置き換えていきます。徐々に処理材料の濃度を高めたら、資料を取り出して処理材料を固めます。その後、表面処理をして展示や研究に活用されます。

木製品では、他にも含まれる水分を一旦凍らせて真空状態に置くことで、氷を一気に水蒸気にして、変形させることなく乾燥させる方法（真空凍結乾燥法）もあります。この処理法はカップラーメンや薬品製造に使われる技術を応用したものです。

金属製品は、腐食（＝錆）が進行しているため、錆の原因となる塩化物イオンを取り除く処理をして、水分も十分に乾燥させてから、表面の余分な錆、土を除去する作業が行われます。

### (2) 保管環境の調査と維持

長年受け継がれてきた文化財を、これからもできる限り長く次世代へと継承していくためには、保管環境を整えることも重要となります。文化財が置かれている場所での温度や湿度の測定を基本として、空調

機や、それが使えない場所では調湿剤や脱酸素剤などを用いて環境を整えます。

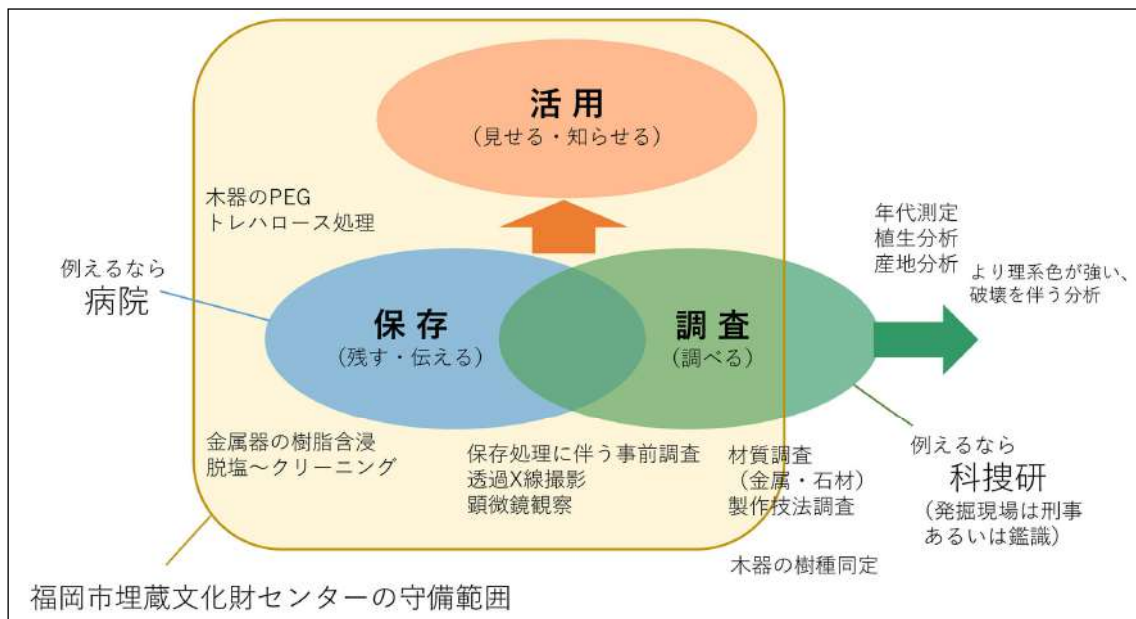
近年、博物館などの展示施設では、部屋やケースに使われる合板、接着剤から、有害なガスが発生することが問題となっており、ガスの発生状況の測定、種類の解析、更には安全な素材の開発なども、保存科学の仕事のひとつとなっています。



木製品の保存処理作業（PEG 処理）



金属製品の保存処理作業（クリーニング）



文化財（考古資料）の保護における保存科学の位置づけ

## 4. 保存科学の歴史

### 1) 保存科学の始まり

理化学機器を使った調査などと聞くと、保存科学が始まったのはごく最近の話のように思われるかもしれませんが、たしかに保存科学や文化財科学という言葉が普及し広く使われるようになったのは1980年代からです。しかし、作業そのものは古くから行われてきました。



日本の近代考古学の始まりは、1877（明治 10）年のアメリカ人の E.S モースによる大森貝塚の発掘とされています。いわゆるお雇い外国人であったモースは動物学者であり、貝塚から出土した貝や骨を自然科学の知識で調査し、考察を行いました。また同じ年に H.S マンローは銅鐸の化学分析の結果をアメリカの学会で発表しています。

1895 年に発見された X 線の技術は、日本で早くも約 40 年後の 1934（昭和 9）年に、文化財調査に利用されています。大阪府高槻市で発見された阿武山古墳で、布を漆で固めた棺が発見され、内部の様子が透過 X 線撮影されました。当時、諸般の事情により成果が顧みられることはありませんでしたが、1987（昭和 62）年に残されていたフィルムの解析が行われ、骨折の痕跡などから被葬者が藤原鎌足であるとされ、大きな話題となりました。

また大正時代に岡倉天心の提唱によって始まった法隆寺金堂壁画の保存において、壁画顔料や壁体に関する調査、堂内の保存環境、あるいは保存修復材料に関する問題が取り上げられています。1933（昭和 8）年、美術史家の滝精一は美術品に対する自然科学的調査を提唱し、古美術自然科学研究会が発足しました。この会はその後、古文化資料自然科学研究会として引き継がれ、現在は文化財保存修復学会となっています。

## 2) 保存科学の発展と展開

戦後、1948（昭和 23）年に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ました。これは後に東京国立文化財研究所保存科学部（現在は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）へと発展していきました。

高度経済成長期になると、社会の発展、安定し、人々の文化や文化財に対する関心も高まっています。国土の開発に伴って行われる発掘調査によって、高松塚古墳、藤ノ木古墳、吉野ヶ里遺跡、三内丸山遺跡に代表されるような貴重な発見が相次ぎ、「考古学ブーム」が起こります。1978（昭和 53）年には、埼玉県稲荷山古墳から出土した鉄剣の透過 X 線調査で、115 文字の象嵌が発見されました。同じ年には大阪府の三ツ塚古墳で巨石を運搬するための木製の櫓、「修羅」が出土しました。1984、85（昭和 59、60）年には、島根県荒神谷遺跡で、大量の青銅器が発見されています。奈良県の藤ノ木古墳から金銅製の豪華な馬具などの副葬品が見つかったのも 1985（昭和 60 年）年のことです。これらは保存処理によってその姿が保たれ、現在も各地の博物館で見ることができます。このような大きな発見以外にも全国各地で発掘調査が急増していく中で、各地に埋蔵文化財センターが整備され、保存処理の設備や担当者が配置されたところもありました。福岡市もその一つです。その指導的役割を担ったのは奈良国立文化財研究所（現在は独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所）でした。特に出土資料の保存処理は、澤田正昭氏が初代の担当者となり、全国の文化財保存の指導を行いながら、保存科学、文化財科学の輪を広げていきました。

また、民間組織で保存科学の発展に大きな役割を果たしたのが、奈良県にある元興寺文化財研究所です。元興寺は元々 1300 年以上の歴史を持つ古刹として知られていましたが、1961（昭和 36）年に境内の発掘調査で出土した大量の庶民信仰に関わる資料の保存処理が必要となり、専門の組織を作ったのがその始まりです。以後、前にも記した稲荷山古墳の象嵌鉄剣、木製修羅、荒神谷遺跡の青銅器など著名な資料の保存処理をはじめとする全国の文化財の保存、調査に広く携わるとともに、保存科学の研究や処理法の開発なども手掛けています。

研究の場としては、1976（昭和 51）年～78（同 53）年度の文部省科学研究費特定研究「自

自然科学の手法による遺跡・古文化財等の研究」、1980（昭和55）～1982（同57）年の「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」において、考古学を中心とする人文科学と、自然科学による学際研究が行われました。近年の保存科学の原点ともいえる研究といえます。これらの研究はその後、日本文化財科学会の設置につながり、保存科学、文化財科学発展の一翼を担っています

人材育成の場としては、1966（昭和41）年、東京芸術大学の美術学部・材料研究室が、大学院講座・保存科学研究室となり、文化財の科学的調査や保存修復技術の研究を学ぶ環境が整えられました。また、大学では、1979（昭和54）年、奈良大学に文化財学科が設置され、以後、文化財の保存修復に関わる多くの人材を輩出しています。現在では、東北芸術工科大学（山形市）、京都造形芸術大学（京都市）、別府大学（大分県別府市）などで文化財科学や保存科学に関する専門的な研究、教育が行われています。現在、各地の埋蔵文化財センターや博物館で保存科学担当者として活躍する人材の多くは、これら大学や大学院の卒業生です。

## 5. 九州と福岡の保存科学

### 1) 福岡県

九州で最初に保存科学が業務として行われたのは、福岡県の九州歴史資料館です。九州歴史資料館は大宰府の調査研究を主として昭和48（1973）年に福岡県によって設置されました。実際には大宰府のみならず、福岡県内の発掘調査を中心とする文化財調査にも広く携わることとなり、その中で出土品の科学的処置（保存処理）が行われてきました。2010（平成22）年には小郡市に移転し、保存科学分野はX線CTスキャン装置を導入するなど大きく発展を遂げています。最近では、福岡県古賀市の船原古墳で発見された馬具などの埋納遺構の調査や出土品の取り上げ、その後の保存処理や調査研究等において大きな成果を挙げているほか、埋蔵文化財以外では、九州北部豪雨といった大規模災害で被災した文化財の救出、保存に関しても指導的立場として力を発揮しています。

### 2) 大分県

大分県では、1981（昭和56）年に、当時文化庁が進めていた風土記の丘設置構想に基づき、宇佐風土記の丘が整備されるとともに歴史民俗資料館が設置されました。大分には石造文化財が多く、これらの科学的な調査や保存のために専門職員が配置されるとともに、施設も設けられました。現在は大分県立博物館として、引き続き東九州の保存科学の拠点となっています。

1996（平成8）年には、別府大学に文化財学科が設置され（2009年からは史学・文化財学科）、文化財科学の研究、教育が進められています。最近では、文部科学省の補助事業によって、九州島内でも頻発する大規模災害に対して、行政の垣根を越えて連携協力する体制づくりについても検討が進められています。

### 3) 九州国立博物館

2005（平成17）年、九州に明治以来の念願であった国立博物館が開館しました。最も新しい国立の文化財関係施設として、保存科学に関しても集大成ともいえる組織、施設が整えられました。その中心的役割を担ったのが資料の保管環境に関わるIPM（Integrated Pest Management＝総合

的有害生物管理)と、調査研究のためのX線CTスキャンの導入です。

それまでの博物館では、資料に害を与える生物を除去するために、近代以降、化学薬剤を用いた燻蒸が行われてきた。しかし、薬剤の環境や人体に与える影響が問題視される中で、薬剤だけに頼ることなく生物被害を抑制する試みが検討、実践されてきました。特に九州国立博物館では、多くの人手や手間を要する作業にボランティアなどを活用することで、大規模博物館での実践を可能とし、その動きは全国に広がっています。

またX線CTについても、文化財科学における有効性は早くから指摘されていましたが、装置が高額、あるいは大がかりで、データの取得や解析に多くの手間と時間を費やすことから、限定的な使用にとどまっていた。しかし、九州国立博物館が導入する頃には装置とともにデータ解析用コンピューターの急速な進歩によって、従来よりも手軽に、そして高精度の調査を行うことが可能となりました。そのため九州国立博物館では、博物館資料の調査研究にとどまらず、日常的な診断、更にはデータの三次元出力も含めて教育普及など幅広い分野で活用され、膨大且つ貴重な成果を挙げています。これにより文化財施設におけるCT導入は加速し、現在では国立系博物館や、幾つかの地方自治体、民間の文化財科学関連施設に運用が広がっています。

#### 4) 水中考古学

このほか、保存科学にかかわりの深い、九州での特徴的な事柄として水中考古学が挙げられます。長崎県松浦市鷹島<sup>たかしま</sup>は、鎌倉時代の元寇<sup>げんこう</sup>に際して、元の船団が嵐で遭難した場所として以前から知られ、漁船によって当時のものと見られる遺物が引き揚げられていました。1980(昭和55)年から3年で行われた文部省科学研究費特定研究「水中考古学に関する基礎的研究」を始まりとして、以後、学術調査や緊急調査が行われてきました。特に1994・95(平成6・7)年には港の改修工事に伴う緊急調査で、船の碇<sup>いかり</sup>や船体、そこに積まれていた多くの遺物が発見され、大きな注目を集めました。水中の埋蔵文化財は、特に木製品、金属製品に関して陸上の土中に埋もれていた資料とは大きく腐食の様相が異なります。また、木製品や漆製品の中には日本には無い材料が用いられているなど、従来の保存科学では対応できない内容も含まれています。現在、多くの専門家が関わりながら、資料の調査や、保存、活用が進められています。

## 6. 福岡市埋蔵文化財センターの保存科学

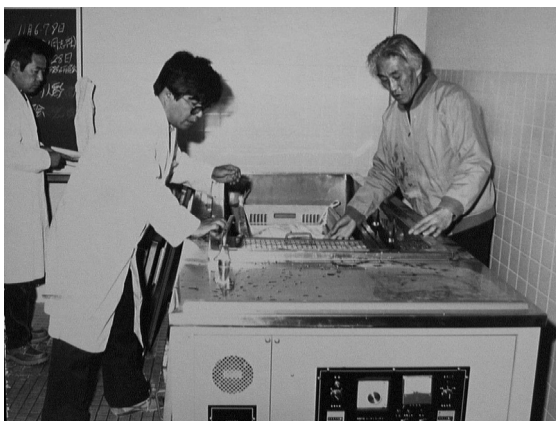
福岡市埋蔵文化財センターは、福岡市内の発掘調査で出土した資料や記録類を保管、管理するための施設として、1982(昭和57)年2月にオープンしました。当初から業務の一つに保存科学が位置付けられ、担当職員も配置されました。最初はポリエチレングリコール(PEG)を使った木製品の保存処理から始めました。オープンから2年後の1984



開館当時の福岡市埋蔵文化財センター

(昭和59)年からは金属器の保存処理も行うようになります。作業にあたっては、近隣で先進的に保存処理を行っていた九州歴史資料館や、埋蔵文化

財保存処理の先駆的な存在であった奈良国立文化財研究所（当時）の指導を受けながら、徐々に自立して成果を上げていきました。特に福岡市では平野部の開発が活発で、小学校の建設に伴う発掘調査で多くの木製品が出土していました。それらの保存処理が活発に行われ、弥生時代の農業技術の解明に大きく寄与してきました。



初期の保存処理風景

木製品の保存処理は軌道にのりましたが、問題となっていたのが金属製品です。出土する金属製品は分厚い錆や土に覆われて、本来の姿形が分かりにくくなっています。それを見るためのレントゲン（透過 X 線撮影装置）が無かったため、踏み込んだクリーニングが行えない状態でした。また細部の観察や材質を調べるための装置も無く、折角の資料について情報が十分に得られませんでした。

1999（平成 11）年、収蔵庫の増築に合わせて保存処理施設も拡充され、当時最新の理化学調査機器が導入されました。この時はまだ九州国立博物館は無く、九州歴史資料館もリニューアル前だったこともあり、関西以西で最大、最新の保存処理施設として注目を集めました。



施設の増改築に伴って導入された各種分析装置（1999〔平成 11〕年当時）

透過 X 線撮影装置をはじめ、蛍光 X 線分析装置、X 線回折装置、デジタルマイクروسコープ、電子顕微鏡といった事前調査機器の導入によって、本格的な保存処理はもちろんのこと、「文化財（考古学）×自然科学」による様々な発見がありました。その成果の一部は毎年「甦る出土遺物」展として公開されています。リニューアルの翌年から始まった展示は、昨年度で 21 回目を迎えています。

## 7. 福岡市埋蔵文化財センターの主な成果

福岡市埋蔵文化財センターでは、開館当時から保存科学を業務として位置づけ、保存処理を中心とした作業が行われてきました。長く受け継がれてきたノウハウの蓄積と 1999（平成 11）年の保存処理施設の拡充は、その後の庚寅銘大刀発見から保存処理という、非常に大きな成果にもつながっています。

これまでの成果のすべてをここに示すことはできません。また庚寅銘大刀については様々な機会に経緯等が紹介されています。「文化財（考古学）×自然科学」のテーマに沿って、保存処理や保存科学的調査成果の中から独断と偏見で、いくつかを選んで紹介します。

### ● <sup>ささい</sup>雀居遺跡の <sup>ばたく</sup>馬鐸

透過 X 線撮影装置が導入されて以降、最初の大きな成果が、雀居遺跡で出土した馬鐸の保存処理といえます。

この資料は福岡国際空港の国際線ターミナル建設に先立つ発掘調査で、1998（平成 10）年に出土しました。馬鐸は青銅で作られており、本来、古代中国で馬や牛の首に着ける鈴＝カウベルとして



使われていました。雀居遺跡では弥生時代後期の土器とともに出土しましたが、この時代はまだ日本に馬や牛はいないとされており、本来の用途とは別に宝物として中国からもたらされたものと考えられます。

出土した馬鐸は埋蔵環境に恵まれ腐食はそれほど進んでおらず、表面上は非常に良好な状態であることがすぐにわかりました。しかし、空洞になっている部分には土が詰まっていた、内部がどのような状態かがわかりませんでした。そこで透過 X 線撮影を行ったところ、内部に音を鳴らすための部品が残っていることが明らかとなったのです。その情報に基づき慎重に土を取り除く保存処理を行った結果、見事に音を鳴らすことができました。内部の部品は金属（青銅）製とはいえ、太さが 2 mm 程度しかなく、また多少なりとも腐食している可能性もあり、不用意に扱えば折れてしまう危険もありました。しかし、透過 X 線の事前調査で、その危険も回避することができました。



出土直後の馬鐸（内部に土が詰まっている様子）



透過 X 線画像

## ●レプリカ法の改良

考古資料に残る様々な痕跡を直接観察するのではなく、それを一旦シリコンゴムで反転させて電子顕微鏡で観察することによって鮮明な画像を得るという研究はレプリカ法と呼ばれ、1991（平成3）年に東京大学の<sup>うしのたけし</sup>丑野毅氏らによって提唱されました。

その後、縄文時代の研究者は、土器に残る植物の種子や昆虫の<sup>あっこん</sup>圧痕に注目し、レプリカ法の応用を模索します。土器の圧痕は、土器が作られた際に周囲に落ちていたであろうものが粘土に取り込まれ、焼成の際に炭化し、抜け落ちて反転像の凹みとなったものです。丑野氏らのレプリカ法でも土器圧痕の観察事例は紹介されていますが、材料や方法が汎用的ではなく、簡単にアプローチできる方法にはなっていませんでした。

福岡市教育委員会（当時）の<sup>やまさきすみお</sup>山崎純男氏は、縄文土器に多くの圧痕が存在することから、それらをレプリカ法によって観察し、当時の環境復元を試みようと考えました。レプリカ法について相談を受けた埋蔵文化財センターでは、シリコンゴムが土器に直接接触して傷めないようにする離型の材料を特に改良し、一連の作業をマニュアル化することで、誰もが土器に対して安全に、そして確実に圧痕の観察ができるようにしました。これによって山崎氏や、同じテーマの研究を行っていた熊本大学の<sup>おぼたひろき</sup>小畑弘己氏らによる実践、展開が図られ、研究は全国に広がり、縄文時代の環境復元に大きな成果を上げることとなりました。



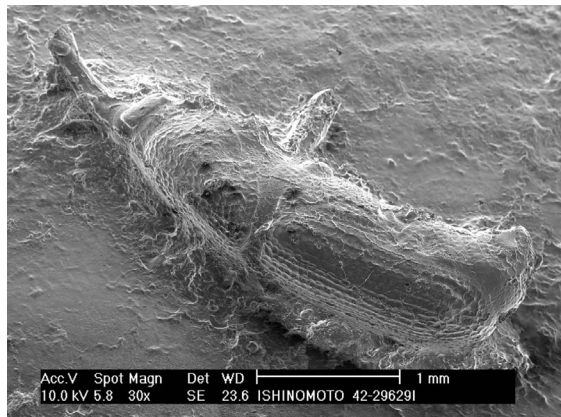
土器に残る圧痕（矢印部分）



圧痕にシリコン樹脂を注入する様子



出来上がった観察用レプリカ



電子顕微鏡画像（コクゾウムシ）

## ● 古代における<sup>すず</sup>錫利用の解明

錫は銀色に輝く低融点の金属です。考古資料では青銅の素材の一つとして知られています。この錫が弥生時代以降、銅合金の一部ではなく単体で、あるいは主体として使用される事例のあることは、永嶋<sup>ながしま</sup>正春<sup>まさはる</sup>氏、成瀬<sup>なるせ</sup>正和<sup>せまかず</sup>氏といった保存科学の研究者によって示されてきました。福岡市内でも、埋蔵文化財センターに勤務していた本田<sup>ほんだ</sup>光子<sup>みつこ</sup>氏が、成瀬氏とともに分析を行っていました。これらの研究をベースにその後も調査を進めた結果、新たな事例の存在も明らかとなり、古代（弥生～古墳時代）において錫が広く使われていた状況が見えてきました。

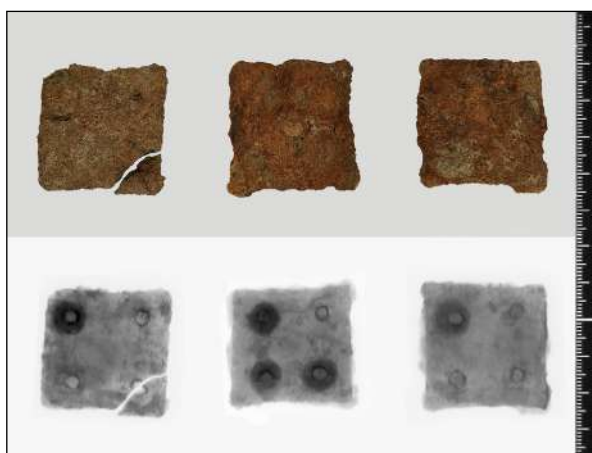
弥生時代にはカルメル修道院内遺跡で錫を主体に鉛を含む材質の腕輪（釧）が出土しています。出土状況から弥生時代前期後半以前と見られ、市内の金属製品全体の中でも最古に位置付けられます。九州では那珂川市で錫の腕輪が、また熊本県では銅釧と呼ばれる錫と鉛の合金による飾金具も見つかっています。吉野ヶ里遺跡には錫の塊もあり、金属利用の最初期から、単体、主体としての錫が広く使われていたことがわかります。やや間が空きますが、古墳時代後期になると、福岡市内で錫製の耳環が 10 数例程見られます。耳環は銅を主体に金や銀が装飾に使われるものが多くを占めています。耳環の全体数（市内で約 550 例）から見ると錫製の事例は少数ですが、全国的にみるとまとまった数といえます。同時期の九州では、熊本県や宮崎県で同様の事例を確認しています。

錫のみで作られた製品は、特徴的な腐食を示すことから比較的に見つけやすいですが、鉄製品の表面装飾に錫が使われる事例は資料が鉄さびに覆われていて、発見が困難となります。埋蔵文化財センターでは、福津市で出土した大刀の環頭や、福岡市の浦江2号墳から出土した馬具の帯飾りで、鉄の地金に錫が装飾として用いられている事を確認しましたが、透過 X 線撮影で通常とは異なる影が写ることから違和感を持ち、材質分析をすることで、その発見に至りました。浦江2号墳の資料は X 線 CT 撮影も行い、錫が鉄の地板や鋳に装飾としてかぶせられている状況も確認できました。その情報をもとに復元品も製作しています。

これら錫製品は、今のところ同じ銀色に輝く金属である銀の代用品と考えられています。事例の確認は進んでいますが、この錫がどこからもたらされたものなのか、また当時の価値観が本当に銀>錫だったのかといったことは分かっていません。今後の大きな課題です。

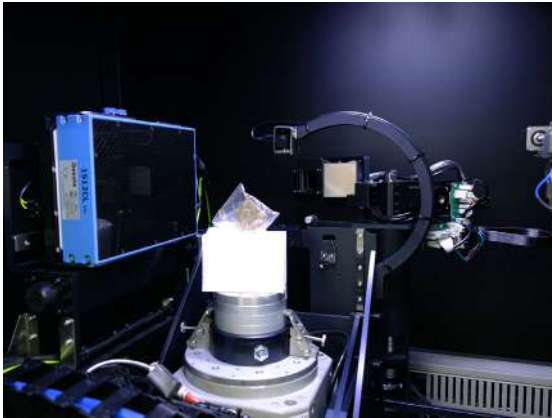


カルメル修道院内遺跡出土の錫釧



浦江2号墳出土の馬具（帯金具）

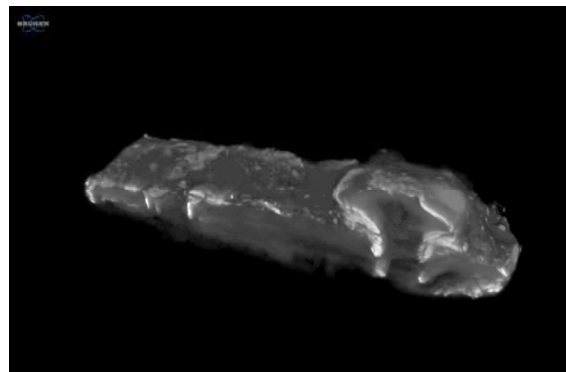
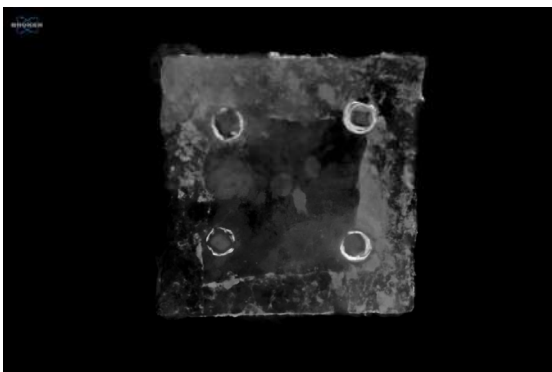
可視光線像（上）と透過 X 線像（下）



X線CT撮影状況（協力：ブルカージャパン（株））



帯金具の復元品（左）と実物（右）



浦江 2 号墳出土馬具（帯金具）の X 線 CT 画像  
鉄よりも錫の方が密度が高く、白く写っている

## ● 玉に使われる石の材質調査

縄文時代以降、玉をアクセサリーとして身に着ける習慣が広がっていきます。その素材に石が使われる場合に好まれたのが緑色の石です。代表的な石材が北陸地方で産出するヒスイ輝石です。新潟県と富山県の県境を流れる姫川<sup>ひめがわ</sup>上流を産地とするヒスイ輝石は、化学分析によって全国に流通していたことが明らかとなりました。しかし、他にも緑色の石材は種類がいくつかあるものの、北陸産の石が全国に広がっていたという大きな研究成果に引っ張られる形で、他の緑色の石も、見た目だけでヒスイと判断されることも多くなりました。

熊本大学で縄文時代の玉類を研究していた大坪志子<sup>おおつぼしきこ</sup>氏は、南九州を中心とする地域の玉類にヒスイとは異なる緑色の石材が多く存在することに気づき、鉱物の専門家と共同でその分析を行います。その結果、この石がクロム白雲母<sup>しろうんも</sup>という種類であることが分かりました。更に調査結果に基づき、九州内の縄文時代を中心とする玉類、約 1,000 点の調査を進めます。その際、非破壊である程度の種類を明らかにする分析を、福岡市埋蔵文化財センターで行いました。

作業は、石製玉類について蛍光 X 線分析を行い、定性的な観点で特徴的な元素に注目し、その種類と検出されるエネルギーの強さで石材の種類を判別する方法で行いました。ヒスイ輝石であればカルシウムやクロム、クロム白雲母はカリウムやクロム、アマゾナイトと呼ばれる石材はカリウムとルビジウムなどに着



目するといったものです。鉱物学的な調査手法とは異なりますが、多数の資料を対象として大雑把に分類するうえでは十分な方法です。その結果、肉眼観察で分類されていた結果とは大きく異なる石材組成となり、これまでヒスイと判断されていたものの多くがクロム白雲母であることが明らかとなりました。その後の大坪氏の研究によって、クロム白雲母は東日本や北陸地方にも運ばれていることが示されています。

福岡市でも引き続き玉類の石材に着目した調査を続けています。特にアマゾナイトという石は、弥生時代の福岡に特徴的な石材で、朝鮮半島で産出すると考えられ、<sup>とらいぶんか</sup>渡来文化との関係で語られる石材です。玉類の石材判別は、その産地と物流に関わるものであり、安易な同定で誤った結果を示すと、考古学的な解釈に大きな影響を与えかねません。このような事例を広く紹介し、認識を広めていくことが重要と考えます。



ヒスイ輝石（硬玉）



クロム白雲母



アマゾナイト



碧玉

福岡市内で出土する弥生～古墳時代の緑色の石を使った装身具

## 8. おわりに

以上、特に後半の福岡市における成果では、個人的な視点を中心に保存科学について記してきました。

今回、福岡市埋蔵文化財センターの考古学講座では、コロナの緊急事態宣言がなければ、皆さんの前で、ここに記した内容をお話していたはずですが。現役の保存科学担当者を差し置いて私とその役を

担ったのは、埋蔵文化財センターの保存科学担当の中でも、比較的長くその任に携わったことによるものかと思います。この間、施設の増改築にも携わり、新たに導入された機器を使って、様々な発見の場に身を置くことができました。しかし、言うまでもありませんが、その成果は私一人によるものではありません。福岡市が古くから対外交流の拠点として栄え、現在も都市として発展を続ける中で、高い意識を持った専門職員によって質の高い発掘調査が行われ、多くの貴重な資料が発見されてきたこと、それを歴代の保存科学担当者が試行錯誤を重ねながら残しつつ、不十分な部分を補う努力をしてきたこと、その延長に福岡市埋蔵文化財センターの保存処理施設の拡充と、各種機器の導入があります。私は運よくその流れに乗って、保存科学の仕事をする事ができました。

しかし一方で、多くの分析機器が導入された当時、理系の専門家に、これを使いこなすにはメジャーリーグで打者として 3 割を打って投手で 20 勝を挙げる人でないと無理と、半ばあきれ顔で言われました。実際、その危惧は当たらずとも遠からずで、文系出身の私には本当の意味で装置本来の機能を 100% 発揮する使い方はできませんでした。しかし、こういった評価を少しでも覆したい一心で、できる限りの努力はしてきたつもりです。もちろんのこととして、保存科学の第一人者達、発掘調査に携わる職員による指導や協力があつたことも忘れてはいけない事実です。結果として、既存の研究を応用した内容が中心ではありますが、対外交流の拠点としての歴史を有する福岡市の埋蔵文化財に恥じない成果は上げることができたと考えています。

保存科学に限ったことではないかもしれませんが、考古学に比べて人材が少ない保存科学は特に、一人で仕事をする事はできません。行った作業をより多くの目で検証し、類似する事例と比較して確度の高い成果にするために、先輩の指導、仲間の協力が不可欠です。幸い、福岡市の周辺には、九州国立博物館や九州歴史資料館など、より高度な、そして専門的な保存科学の機関があります。全国的に見ても類稀なる対外交流の歴史を今後も広く解明していくために、多くの人たちと連携しながら作業を進めていくことが必要になると、過去の成果を振り返って尚更痛感するとともに、今後も連携によって多くの発見が続くことを願っています。

(参考文献)

- 今津節生・赤田昌倫(編)2015『X線CTを用いた文化財の研究と活用』九州国立博物館10周年記念シンポジウム  
九州国立博物館博物館科学課
- 澤田正昭2002「序」『文化財のための保存科学入門』角川書店
- 澤田正昭2014「文化財と自然科学」『平成25年度文化財保存修復セミナー講義録』関西大学国際文化財・文化  
研究センター
- 「市民と共にミュージアムIPM」実行委員会2012『「市民と共にミュージアムIPM」報告書(総集編)』
- 鈴木嘉吉・猪熊兼勝・岩本圭輔・杉山洋(編)1988『古墳を科学する』飛鳥資料館図録第19冊奈良国立文化財研  
究所飛鳥資料館
- 関野克1964「文化財保存科学概説」『保存科学』第1号東京国立文化財研究所保存科学部  
東京藝術大学保存科学研究室ホームページ<https://www.geidai.ac.jp/labs/hozon/top.html>
- 日本文化財科学会2004『考古学と自然科学』第48・49号
- 松尾昭子(編)2011『松浦市鷹島海底遺跡総集編』松浦市文化財調査報告書第4集長崎県松浦市教育委員会
- 馬淵久夫2013「文化財科学」『文化財科学の事典』(第6刷)朝倉書店
- 三浦定俊・本間紀男・馬淵久夫1980「X線断層撮影による仏像の調査」『計測自動制御学会論文集』第16巻第2  
号計測自動制御学会
- 山田拓伸2010「文化財の保存～これまでの九州の動向～」『十年のあゆみ創立十周年記念誌』北海道・東北保存科  
学研究会