CAO NEWS Center for Archaeological Operations CAO NEWS Center for Archaeological Operations CAO NEWS Center for Archaeological Operations

埋蔵文化財ニュース

CAO NEWS Center for Archaeological Operations

ISSN 0389-3731
独立行政法人国立文化財機構
奈良文化財研究所
埋蔵文化財センター

160
2015.3.31

〒630-8577
奈良市佐紀町247番1
TEL 0742-30-6842
FAX 0742-30-6841

埋蔵文化財センターの研究を支える

調査・分析機器紹介

目次

はじめに

例言

調査・分析機器の紹介
・遺跡・調査技術研究室……3

・環境考古学研究室……13

・保存修復科学研究室……15

・年代学研究室……23

はじめに

1974 年 4 月に奈良文化財研究所に埋蔵文化財センターが設けられて、今年度で 40 周年となります。その間、社会情勢の変化に伴って求められる業務や組織は大きく変化してきましたが、現在の埋蔵文化財センターは文化財科学の発展とその成果の社会への還元を主要な目標として活動をおこなっています。

このような埋蔵文化財センターの調査・研究活動には、さまざまな機器類を使用しています。今回の埋蔵文化財ニュースでは、埋蔵文化財センターの日頃の調査と研究を支えているそのような機器のうち主要なものを紹介し、用途や機能を広く知っていただくことで、それらを有効活用する一助としたいと考えました。今後、これまで以上に共同研究などで利用していただければと思います。

埋蔵文化財センター長　難波 洋三

例　言

本書は、奈良文化財研究所埋蔵文化財センター、都城発掘調査部（飛鳥・藤原地区）保存科学実験室が保有する分析機器の一部を紹介するものである。保有する装置をすべて記載しているわけではないが、調査目的別に主たる分析機器を示している。

文化財の分析調査において、目的とする情報を得る手段として、どのような分析機器を使用するとよいのか、また測定に必要と思われる資料の大きさや量などの情報、装置のスペックなど、仕様についても可能な限り示すことにより、分析調査に先立ち検討する際に参考となると考えている。

本書の作成には埋蔵文化財センター遺跡・調査技術研究室小池伸彦、金田明大、村田泰輔、環境考古学研究室山崎健、上中央子、年代学研究室大河内隆之、星野安治、保存修復科学研究室高妻洋成、脇谷草一郎、田村朋美、降幡順子が執筆をおこなった。
編集は降幡順子がおこない、難波洋三が補佐した。

遺跡・調査技術研究室

遺跡・調査技術研究室は、遺跡の調査研究に資する情報収集及び公開、研究法や調査支援技術の検討をおこなっています。ここでは、その中から遺跡の発掘調査を支援することを目的とした探査機器および計測機器の紹介をおこないたいと思います。

■ 電気探査機

電気探査機　RM15

電気探査は長年遺跡探査の代表的な手法として用いられてきました。日本においても戦後間もなくより実践がおこなわれています。

電気探査は多くの種類が存在しますが、中でも比抵抗探査が遺跡探査においては多く用いられてきました。これは、電極から地中に電流を流し、電極間の抵抗を計測することで電極間の土中の抵抗を知る方法です。探査速度が遅いことや、解像力が電極間隔に遺存し、他の手法に比して低いという欠点がありますが、抵抗値による異常部の物性の推定が可能なことや周辺環境による影響に比較的頑健であることから、他手法とあわせて範囲を限定して利用することで、特性を活かした利用をおこなっています。

遺跡探査を目的に作成された RM15（GeoscanResearch 社）と、電極のリレー制御により多電極の切り替えを可能にした HandyARM（㈱応用地質）を現在主に利用しています。

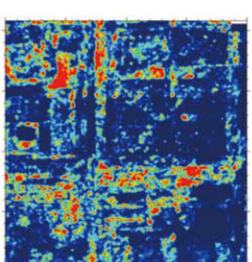
電気探査機　Handy ARM

■地中レーダー機器

地中レーダー（GPR）は、アンテナより地中に電磁波（マイクロ波）を発信し、土層などの境界面における反射と送受信の時間の計測により、地中の異常部の形状や埋没深度を測定する機器です。異なる周波数のアンテナを用いることにより、探査可能な深さと解像力を変化させることが可能で、目的に応じて適切なアンテナを選択します。他の探査機器に比べて迅速な探査が可能であり、解像力が高いため、日本の遺跡においては掘立柱建物の柱穴から古墳や城館の壕まで、多様な対象物の探査に用いられています。SIR-3000(GSSI 社) や RamacX3M（MALA 社）は単独のアンテナを用いて探査をおこなうもので、運用の簡便さと応用性の高さから多用されており、実績をあげています。また、広範囲をより迅速に探査するアレイ式 GPR として、StreamX（IDS 社）の運用試験をおこなっています。

GPR Ramac X3M

アレイ式 GPR の試験（StreamX）


GPR による官衙の探査成果（平城宮東方官衙）

作業風景（SIR-3000）

■磁気探査機

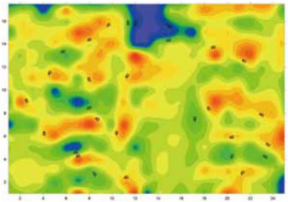
磁性を有する物体が埋没している時、局地的な磁気異常が発生します。これを計測することで、地下の異常部の存在を明らかにする手法が磁気探査と呼ばれるものです。このため、遺跡においては鉄などの磁性をもつ物質や、窯や炉といった熱残留磁気を有する遺構の探査に有効です。

現在利用しているのは、フラックスゲート磁力計とプロトン磁力計で、前者は主に磁気の一成分あるいは三成分を計測するもので、迅速な計測が可能ですが、探査可能な深さが比較的浅いものになります。後者は全磁力を計測し、やや計測の速度が劣りますが、より深い部分の異常を詳細にとらえることが可能です。

フラックスゲート磁力計としては FM-18/36（GeoscanResearch 社）およびGRAD601（Bartington 社）を窯業遺跡を対象に使用しています。広範囲の迅速な探査のために複数のプローブを組み合わせたFEREX4.032 DLG KARTO（Foerster 社）も現在試験をおこなっています。プロトン磁力計は G-856（Geometrix 社）を用いています。

磁気探査機 FEREX

磁気探査機 GRAD601



磁気探査成果（鹿児島県南京皿山窯）

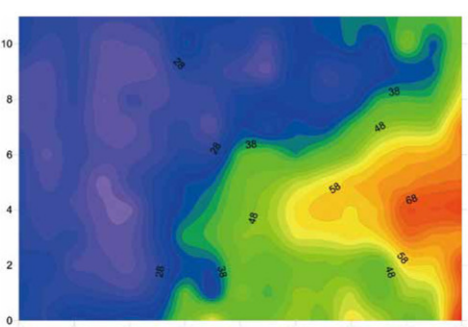
作業風景（FM-18/36: 岐阜県大萱古窯跡）

■電磁探査機

電磁誘導現象を利用した電磁探査には多様な手法が存在し、広義には GPR もそれに含まれています。遺跡探査においてはスリングラム式 EM 探査や VLF 法探査が用いられることがあります。従来は青銅器など磁気探査では難しい非鉄金属の探査などに用いられることがありましたが、浅い部分における導電率を計測する装置であり、電気探査と同様の計測を迅速に実施する方法として検討を進めています。現在は EM-16、EM-31、EM-38（Geonics 社）および CMD Mini Explorer（GF Instruments 社）を利用しています。

電磁探査機 EM-38

電磁探査機 CMD Mini Explorer

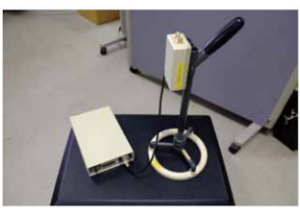


電磁探査の成果（岐阜県大萱古窯跡）

■帯磁率計

磁場中におかれた物質の磁化されやすさを示す初期帯磁率を計測する測定機器であり、非破壊で簡便な利用が可能です。考古学の調査では石材などの産地推定などに用いられています。

屋外・研究室での測定用の MS-2（Bartington 社）および屋外用の SM30（ZH Instruments 社）を所有しています。



帯磁率計 MS-2

帯磁率計 SM-30

■探査機材の模索

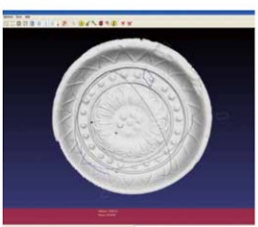
現在の遺跡探査で用いられる機器は主に資源探査や埋設管・鉄筋などの検査を目的としたものがほとんどで、文化財や遺跡に対してそのまま利用するだけでは十分な情報を得られないことも多くあります。このため、安定した計測や作業効率の改善を可能とし、かつ遺跡に応じて利用可能な機材の開発と改良をおこなっています。GPR 探査・電磁探査用のそりや、磁気探査用のカートなどを検討、製作して実際の作業においてその改良をはかっています。

探査機材

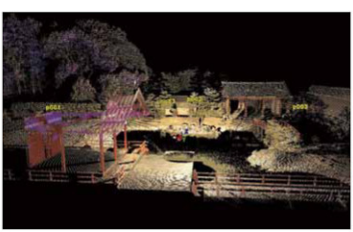
■三次元レーザースキャナー

遺跡や遺物などの計測手法として、伝統的な写真測量に加えてレーザースキャナーやデジタル写真計測が注目されてきています。レーザー光線を対象物にあててその反射により形状を計測するレーザースキャナーは今後更に利用が進展することが期待される技術で、方式によって遺構や建造物など大型の計測が可能なものから遺物など小型の対象を詳細に計測できるものまで複数の手法が存在します。ScanStation2（Leica 社）や Focus3D（FARO 社）は前者に、Vivid9i（Konica-Minolta 社）や NextEngine（NextEngine 社）は後者の目的で主に使用される機器です。

レーザースキャナー Focus3D


計測成果（平城宮出土瓦）

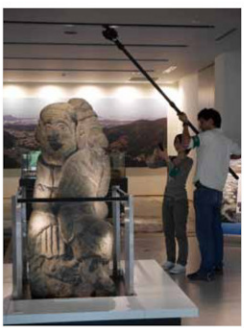
レーザースキャナー Next Engine


計測成果（平城宮東院庭園）

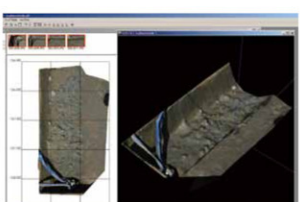
■デジタル写真計測

従来の写真測量は専用の機器を用いて撮影された銀塩写真より専門的知識を有したオペレーターが作業をおこなうものでしたが、デジタルカメラ画像とコンピューターを用いてより簡便に計測が可能となったデジタル写真計測が普及しつつあり、利用の裾野が広がってきています。更に、Computer Vision 技術の発展により、Struture from Motion（SfM）技術による計測手法が汎用性の高い技術として出現してきています。普及している機器と低廉なソフトウェアで計測が可能であり、その利用についての試験を進めています。

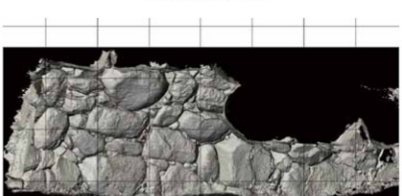
ImageMaster（TOPCON 社）および PhotoScan(AGIsoft 社）を使用しています。



SfM による石造物の計測



写真計測による遺構の計測



SfM による横穴式石室の計測

■マルチスペクトルカメラ

様々な範囲の波長を有する電磁波の反射および放射を観測する機器です。ポールやUAV（無人飛行艇）などから近赤外～可視光線域の計測をおこない、植生指数画像を算出することで、デジタル画像からの遺跡や地形判読の支援をおこなうことを目的としています。

ADC Micro(TETRACAM社）による試験をおこなっています。

マルチスペクトルカメラ ADC Micro

■赤外線放射温度カメラ

対象物表面の赤外線放射を元に温度を計測するカメラです。建築物壁内の空洞や、崖面に存在する埋没した横穴墓の探査など、表面からは判定できない異常部の確認に利用することが期待される機器です。また、収蔵施設内の熱分布の時間的な変化など、温度に関する課題への応用が期待されます。現在、Thermo ShotF30を用いて試験を進めています。

赤外線放射温度カメラ Thermo Shot F30

■測量機器

遺跡の調査においては、位置計測はなくてならないものです。精度の高い位置計測なしには、重要な調査成果も意味を有しません。作業の事前にこれらの計測をおこなうため、GPSやトータルステーションによる測量を実施します。これらの機材として、GPSはGPS1200（Leica社）、トータルステーションはTPS1200（Leica社）を使用しています。

測量風景

■無人飛行艇（UAV）

遺跡調査においては、高い位置からの全景、あるいは俯瞰撮影が記録として有効です。このため、従来より航空機などを利用した空中写真測量の利用が普及してきました。また、ラジコンヘリコプターなどを利用した計測も盛んになりつつあります。

近年、UAV あるいはドローンと呼ばれる小型の飛行艇の開発と普及が進んでいます。安全性の課題なども存在しますが、運用の柔軟性や利用におけるコストといった従来の計測で課題になっている事項の解決策のひとつとして注目されています。

UAV の飛行試験

■コンピューター制御自動旋盤（CNC）

コンピューター制御の自動旋盤で、三次元計測データを元に素材を切削することにより、レプリカを製作したり、CAD による設計図から機器の部品などを製作することが可能です。三次元データの出力方法としては 3D プリンターが有名ですが、ともに長所と短所があり、その比較をしながら利用を進めています。

KitMillBT100（ORIGINALMIND 社）を使用しています。

コンピューター制御自動旋盤（CNC）

■過去の機器

遺跡の探査や計測には長い研究の歴史があります。奈良文化財研究所では研究の草創期から、多様な機器を利用してこれらの活用について研究を実施してきました。手回し式の電気探査機や測角儀（トランシット）、水準儀（レベル）など、技術史的に貴重な機器の保存もおこなっています。

昔の測量機材

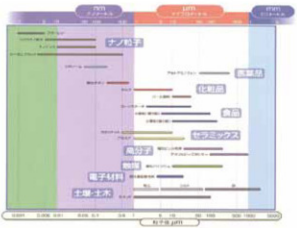
■ レーザー回折式粒子分布測定装置

本装置は、粉体、粉末、粒子の特性を見極める上で重要な要素となる、粒子径分布を測定することができます。特に土砂や金属粒子などの粗い粒子や、比重の大きな粒子の測定をカバーしている点が特徴的です。本研究所では、主に発掘調査現場から採取された、様々な土壌試料の粒子径分布を測定するために用いられています。土壌を構成する粒子径の組成は、流水や風などの物理的な営力や、鉱物の二次的生成などの化学的な営力、さらに植物の分解や人間を含む動物による攪乱・運搬といった、土壌の堆積過程を理解するための重要な要素となります。最近では、地震動に伴う液状化から発生した砂脈や噴砂、また洪水や津波の堆積物について粒子径分布の測定をおこない、特に過去の災害痕跡の認定や、災害の規模やメカニズムを検証するためのデータ蓄積に役立てています。測定は湿式にのみ対応する仕様ですが、高濃度サンプルを希釈せずに測定できる高濃度サンプル測定システム（SALD-HC30）も装備しています。

装置仕様

型式	：	島津製作所製 SALD-3100
測定原理	：	レーザー回折・散乱法
測定範囲(μm)	：	0.05－3000
光源	：	半導体レーザー
波長(nm)	：	690
検出器	：	81素子
測定形式	：	湿式測定
サンプラー	：	循環式サンプラー（SALD-MS30） 高濃度サンプル測定システム（SALD-HC30）

レーダー回折式粒子分布測定装置



株式会社 島津製作所
「島津の粉体測定機器 総合カタログ」(C060-0026C) より引用

環境考古学研究室

環境考古学研究室では、遺跡周辺の古環境を推定し、人の動植物利用の実態を明らかにするために、遺跡から出土する動植物遺体の調査研究をおこなっています。取り扱う機器類は、おもに動植物遺体を観察したり、記録する装置が中心です。

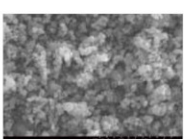
■ デジタル走査型電子顕微鏡

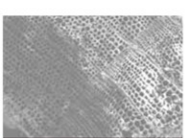
走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope：SEM) は、真空中で細く絞った電子線で試料面をスキャンし、その際試料から出る信号を検出してモニター上に試料表面の拡大像を表示する顕微鏡です。これまで、顔料や繊維、炭化物、骨などさまざまな出土試料や比較標本の表面観察をおこなっています。

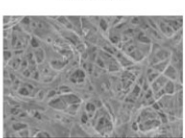
走査型電子顕微鏡

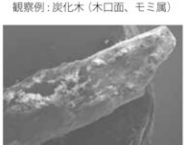
装置仕様

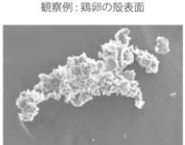
型式	：	日立製 S-3500N
分解能	：	3.0nm
加速電圧	：	0.5-30kV
観察倍率	：	15倍-200,000倍
最大試料寸法	：	150 mmφ


観察例：酸化鉄


観察例：炭化木（木口面、モミ属）


観察例：鶏卵の殻表面


観察例：骨の表面


観察例：土器付着炭化物

■ 写真撮影装置

本来は医療分野で臓器などの標本撮影に使われる装置ですが、研究室ではおもに出土した動物骨など遺物の写真撮影のために使用しています。この装置は、ステージが足元のリモコンで上下させることができ、撮影距離も範囲が広く、接写もおこなえます。

また、ステージに付いている透過光照明器によって、試料の下に影が出ないため、きれいな写真が撮影できます。

写真撮影装置

装置仕様

型式	：	杉浦研究所製 MPS-8
被写体サイズ	：	反射光撮影 515×364㎜～36×24㎜
	：	透過光撮影 430×354㎜～36×24㎜
撮影距離範囲	：	カメラ取付部 最短115㎜ 最長725㎜
ステージサイズ	：	612×460㎜
ステージ移動量・速度	：	上下610㎜・4600㎜/min(最高速度)
カメラ取付部 移動量	：	上下150㎜、前後方向190㎜、回転360度
反射光照明器	：	固定位置決めによる均一照明 LEDランプ
透過光照明器	：	ディフューザーによる均一照明 LEDランプ
本体寸法	：	W1380×D910×H1700㎜

撮影時の様子

ニホンジカ上腕骨

ニホンジカ大腿骨

保存修復科学研究室

保存修復科学研究室では、出土遺物の材質構造調査、鉄製品及び木製品の埋蔵環境調査、遺構の安定化方法を検討するための基礎的研究をはじめ、保存処理・保存材料などの開発研究をおこなっています。取扱う機器類は、文化財を破壊せずに観察や分析のできる装置が中心となります。

■ 高エネルギーX線 CT

X線 CT は、非破壊で遺物内部を観察することのできる調査法のひとつです。とくに断層画像から 3 次元画像を構築することで、立体的に遺物の内部構造を観察することができるため、保存科学のみでなく考古学においても非常に重要な調査法であると言えます。本装置は、高エネルギーの X 線を用いており、とくに大型の金属製品などの内部構造調査に適しています。また本装置は CT 値から遺物表面に露出していない遺物内部の材質の推定も可能です。

高エネルギー X 線 CT 装置 HiXCT-1M

装置仕様

型式	：	日立製 HiXCT-1M
走査方式	：	第２世代方式
X線エネルギー	：	450keV／950keV
撮影範囲	：	標準撮影 300 ㎜φ／600 ㎜φ

（左）剣の柄頭、（右）柄頭の三次元画像（柄頭内部に鈴とガンが存在している）

■ X線回折装置

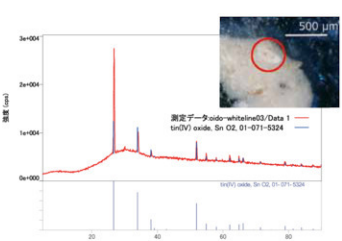
文化財の保存修理をおこなう上で、最も基礎的な調査である材質調査に使用されます。例えば、金属製遺物を覆う腐食生成物は、その種類によっては遺物の安定性に多大な影響をおよぼすため、どのような腐食生成物が生じているのかを把握する必要があります。

非破壊型X線回折装置では、サンプリングすることなく測定することが可能です。また小型の考古資料に含まれる微小な顔料などの測定は、微小部分析ユニットを用いて非破壊でおこなうことができます。近年は携帯型X線回折装置がフィールドでも使用されるなど、対象とする文化財により使用する装置を選択しています。

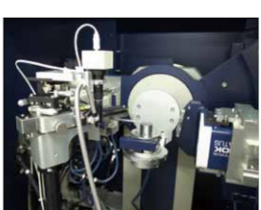
微小部X線回折装置　仕様

型式	：リガク製 SmartLab
X線発生装置	：ターゲットCu
方式	：回転対陰極式
定格電圧	：20～45kV
コリメータ	：0.1, 0.2 mmφ
検出器	：高速2次元X線検出器、高速1次元X線検出器
試料サイズ	：大きさ30 mm～厚さ30 mm

非破壊型X線回折装置 X'pert MPD



ガラス中に含まれる微小な白色顔料の測定

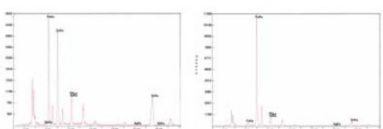


微小部分析ユニット SmartLab

■ エネルギー分散型微小部蛍光 X 線分析装置

蛍光 X 線分析装置 EAGLEⅢ

本装置は非破壊的な手法で文化財資料の材質調査をおこなうことができます。資料に含まれる元素の種類（定性分析）とその量（定量分析）に関する情報を得ることができます。これらの情報は、文化財資料の保存、修理に有用であり、また材料学などの研究にも寄与しています。研究室まで文化財資料を持ち込み測定することもありますが、近年には分析機器を文化財のある場所まで持ち込み、測定を実施できるモバイル型の分析機器も普及しています。しかし資料の形状が様々で、組成や組織が不均一である場合の多い文化財資料は、特に定量分析の場合は測定結果の解析には注意が必要となり、また腐食や風化による化学組成の変動もあるため、非破壊分析の場合は、本来の材質を推定する際にもそれらを考慮して評価する必要があります。

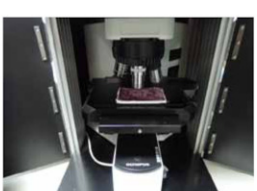


青銅製品のサビ層と金属光沢部の測定

モバイル型蛍光 X 線分析装置
NITONXL3t-500

■ 顕微ラマン分光装置

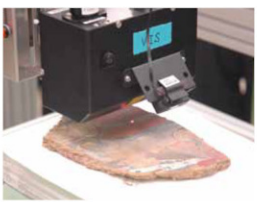
ラマン分光法は、前処理が不要であり、文化財資料の非破壊・非接触の材質判定に有効です。出土資料を分析する際、水の影響が問題にならないため、湿ったままでの分析も可能です。顔料については黄色～赤色の領域の色に対しては 785nm の励起レーザー光、緑色～青色の領域の色に対しては 532nm の励起レーザ光を使用するなど選択できます。



顕微ラマン分光装置 microRAM-300Ⅱ

■ 可視・近赤外分光光度計

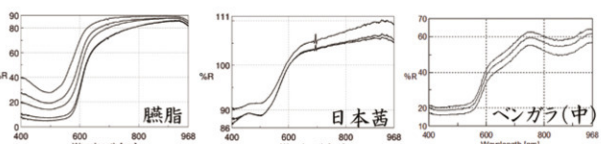
本装置は、色材の同定に関わる調査をおこなうことができます。特にX線分析では検出できない染料の同定に活躍しています。



ポータブル分光光度計 MV-2020

装置仕様

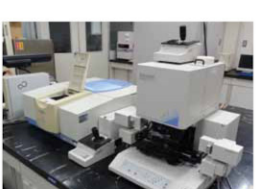
型式	：日本分光製 ＭＶ-2020
可視波長範囲	：400-800nm
近赤外波長範囲	：900-1600nm
照射径	：約1㎜



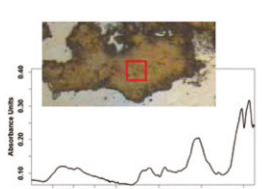
顔料調査の一例

■ フーリエ変換顕微赤外分光光度計

フーリエ変換赤外分光法（FT-IR）は、繊維、漆、膠、琥珀などの有機物の材質同定や劣化に関した調査に使用します。本装置は顕微鏡下で微小なサンプル（10μm）に赤外光を絞り、定性的な情報を得ることができます。また、マッピングの機能を用いることにより、例えば異なる成分の漆が塗り重ねられた各層の材質を調べることも可能です。



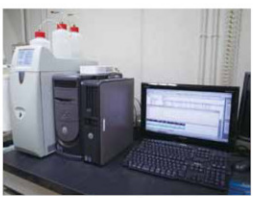
フーリエ変換顕微赤外分光光度計 IRPrestage21/AIM8800



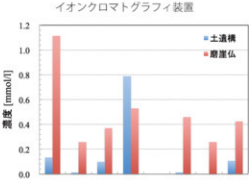
赤色漆の分析結果

■ イオンクロマトグラフィ

本装置は、水に溶けている成分を調べる際に効力を発揮します。遺構の直下に存在する地下水や、材料中に含まれる水に溶けている成分の種類、量を調べることで、析出する塩の種類や量を推測します。適用事例として、露出展示されている土遺構と、甚大な塩害を受けている磨崖仏で採取した地下水を分析した結果を示します。塩害が顕著な磨崖仏で採取した地下水では、明らかに溶け込んでいる成分の濃度が高いことがわかります。また、今後整備をおこなう遺構の場合では、イオンクロマトグラフィで周辺の環境中の水質を分析することで、塩害がどの程度の速度で進行するのか予測することが可能となり、露出展示の可否を判断する上で重要な知見を得ることができます。



イオンクロマトグラフィ装置



土遺構と磨崖仏の地下水比較

分析可能なイオンと必要試料量

	陽イオン	陰イオン
イオン種	Li^+,Na^+,NH_4^+,K^+,Mg^{2+},Ca^{2+}	F^-,Cl^-,NO_2^-,Br^-,NO_3^-,PO_4^{3-},SO_4^{2-}
試料量	25μl	25μl

■ 赤外線サーモグラフィ

遺構や建造物などを対象に、現地において一定のインターバルもしくは一時刻の熱画像を観測し、表面温度の分布状況や相対的な温度変化を捉えることにより、非接触・非破壊で劣化損傷箇所やその範囲を推測することができます。常に水分蒸発が生じている箇所は低温部として検出されることが多く、塩析出などによる劣化が生じている可能性が高いと判断されます。石や土の現状把握や遺構保存に関する基礎データとなると考えています。

赤外線サーモグラフィ Neo Thermo TVS-700

■ 真空凍結乾燥機

発掘調査によって出土した木製遺物は、一般的に水漬けの状態にあります。これを水浸出土木材と呼びます。このような木製遺物は形こそ当初の形を保っていますが、実は木材実質の成分の殆どは失われており、強度が大きく低下しています。そのような脆弱な木材を、そのまま乾燥してしまうと水の表面張力によって木材の細胞が変形、収縮してしまい、右図のように取り返しのつかない変形を生じます。そこで木製遺物の保存処理では、木材内部へ常温では固体となる薬剤を溶液として浸透させることによって強度を補い、変形が生じないように遺物内部の液体を凍結させ、これらを直接気体へと変化させる（これを昇華と呼びます）ことによって乾燥をおこないます。この乾燥方法を真空凍結乾燥法と呼び、木製遺物の寸法変化を抑制することが可能となります。この方法では、昇華し易い第三ブチルアルコールで木製遺物に含まれる水分を置き換え、さらに木材強化のための薬剤を第三ブチルアルコールに溶かし込むことで、薬剤の浸透をおこないます。遺物に木材の芯が含まれている場合のように、木の中で変形を生じ易い部位から作られたもの、寸法変化を生じやすいクリやクスノキなどから作られた遺物や、木材内部の水分を完全にはアルコールと置き換えることができない、大型の木製品に対して真空凍結乾燥法を適用します。

乾燥前　→　乾燥後
乾燥による出土木材の不可逆的な収縮

大型真空凍結乾燥機

水損紙資料の乾燥処理

保存修復科学研究室が保有する大型真空凍結乾燥機（1.5m×8m、2m×6m）は、試料室の大きさが国内最大級のものです。これまでも丸木舟や建築部材などの大型の木製品の保存処理において、威力を発揮してきました。また、最近では東日本大震災で被災した地域からレスキュー活動によって救出された、多数の水損紙資料に対して、クリーニング作業までの間に資料の腐敗が進むことのないよう、大型真空凍結乾燥機をもちいて資料を乾燥させることで、資料の安定化が図られました。

■ Polyjet 3D プリンター

本装置は硬質不透明な白色樹脂を使用し、遺構や文化財資料等の 3D モデル製作をおこなうことができます。

3D スキャナーや写真計測等のデータを STL ファイルに変換できれば、3D モデル製作が可能です。発掘調査中と終了時の遺構を出力し比較することも可能です。出土遺物等の 3D モデルは実際に触れることのできる展示資料として活用されています。

3D プリンター OBJTE24

装置仕様

型式	：	OBJET24
造形方式	：	ポリジェット方式
造形解像度	：	(X)600dpi, (Y)600dpi, (Z)900dpi
モデル材料	：	UV硬化アクリル系樹脂：白色
サポート材料	：	ジェル状サポート
造形サイズ	：	(X)234mm, (Y)192.6mm, (Z)148.6mm
精度	：	±0.1mm −0.2mm

遺構・遺物の造形事例

■ 3D レーザースキャナー

本装置は小型軽量（約 3kg）で、カメラ三脚に設置できるなど、どこにでも持ち運べ、手軽に 3D スキャンをおこなうことができます。スキャンと同時に色情報も取り込みます。対象資料のサイズにより、3 つの測定モードを選択できます。

3D スキャナー装置

装置仕様

型式	：	Next Engine製 3D scanner HD Pro
測定方法		マルチストライプレーザー三角測量方式
レーザー数		8(Dual×4)
センサ	：	2つの300万画素CMOSイメージセンサ
測定距離	：	(Macro)124−228mm,(Wide)381−558mm,(Extended)381−762mm
測定範囲	：	(Macro)76×127mm,(Wide)254×330mm,(Extended)406×558mm
精度	：	(Macro)0.127mm,(Wide)0.381mm,(Extended)0.381mm

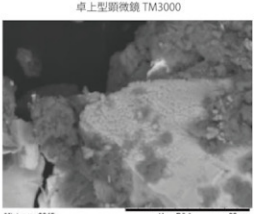
■ 卓上型電子顕微鏡

本装置は、資料を高倍率で観察する装置です。表面コーティングなどの前処理をせず、低真空雰囲気での二次電子像観察がおこなえるため、文化財資料の汚損も軽減できます。資料の観察のみではなく、材質調査として定性分析、元素マッピングなどもおこなえます。

卓上型顕微鏡 TM3000

装置仕様

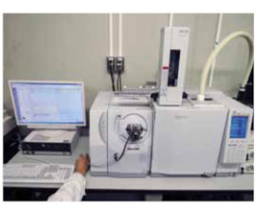
型式	：	日立製 TM 3000、Swift ED3000
加速電圧	：	5kV、15kV
倍率	：	15～30000倍
最大試料サイズ	：	70 mm
最大試料厚さ	：	50 mm
試料ステージ	：	(X)35 mm,(Y)35 mm
検出可能元素	：	B(ボロン)～U(ウラン)
エネルギー分解能	：	161eV (Cu-Kα)



金鍍金の観察画像（4000 倍）

■ 熱分解ガスクロマトグラフィ / 質量分析装置

本装置は有機質遺物、漆や膠、琥珀、油、樹脂などの分析調査を目的として使用しています。膠、乾性油、樹脂などの有機物の同定や、漆や琥珀の産地推定などへも応用が期待されています。また修理に使用した材料（例えば接着剤）などの種類の同定や含浸した樹脂の劣化の程度などに関する情報を得ることも可能であり、遺物の再処理前の状態確認をより詳細におこなうことができ、文化財資料に適した再修理の検討に有用です。



熱分解ガスクロマトグラフィ質量分析 GC-MS-2010Ultra

装置仕様

型式	：	島津製作所製 GC-MS-2010Ultra
イオン源	：	EI,PCI,NCI
質量範囲	：	1.5~1000u
加熱炉温度	：	室温+10～1050℃
カラム温度	：	室温+5～450℃
試料量	：	数μg～50μg程度

年代学研究室

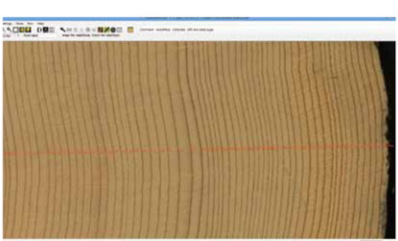
年代学研究室では、年輪年代学を軸に研究活動をしています。したがって、取扱う機器類も、年輪の時系列データを取得する装置や、年輪のもととなる樹木の状況を観察するためのものが中心になります。

■ 年輪画像計測システム

このシステムでは、高画素数のデジタルカメラや高解像度のフラットベットスキャナーなどで取り込んだデジタル画像から、年輪幅を一層ずつ計測し、年輪幅の時系列データに仕上げることができます。計測精度は、入力する画像の解像度に依存しますが、当研究室では少なくとも1200dpi（画素当量約 20μm）を維持するよう、心がけています。調査対象の年輪を年輪読取器などで直接測ることのできない場合（たとえば、建築物や輸送の困難な考古資料・美術工芸品など）に威力を発揮します。データの出力形式は、Excel などの汎用ソフトのほか、各種の年輪年代解析用のソフトにも対応しています。年代学研究室の研究業務において、中核をなすシステムといってもよいでしょう。

接写用ストロボとマクロレンズを装置した高画素数（3630 万画素）のデジタル一眼レフカメラ

高解像度のフラットベットスキャナーからの情報をノートパソコンに取り込んでいるところ



年輪画像計測システムのコンピュータースクリーンショット

■ 年輪読取器（変位計測機能つき実体顕微鏡）

この装置では、調査対象をゲートの下に設置し、実体顕微鏡で調査対象の年輪を観察しながらハンドルを回転させることによって実体顕微鏡が移動し、年輪境界位置でボタンを押すことでその変位量（すなわち年輪幅）を逐次計測していくことができます。データの計測精度は、0.01mm（10μm）です。データの出力形態は、紙テープに印字できるほか、Excel などにデジタルデータとして出力することも可能です。調査対象の年輪を直接測ることができるので、木と対話しながら計測する醍醐味があります。

最新の年輪読取器

年輪読取器を使ってヒノキ円盤の年輪を計測しているところ

■ 生長錐

生長錐は、生立木や柱根などのように、水分を含有しているような場合にコアサンプルを抜き取るのに使用します。調査対象の表面において年輪の観察が不可能で、かつ水分を含んでいてマイクロフォーカスX線CTでの撮影も難しいような場合に有効です。

生長錐で得られるコアの直径は４～12mm ほどなので、ごく限られた部分の情報しか得られないことにも留意しておかなければなりません。ハンドルを回しながら先端に螺子をきった中空パイプを調査対象の中に捻じ込み、専用のスプーンでコアサンプルを抜き取ります。長さ40cm くらいのものが、取り回しが容易で使いやすいのですが、最大では１m の長さにまで対応できるものもあります。

調査対象を傷める破壊調査になるので、調査対象が文化財の場合には、最近では極力使用を控えるようになってきています。

上から順に生長錐、サンプル取出用スプーン、得られたコアサンプル

生長錐を使ってフィールドでサンプル採取をしているところ

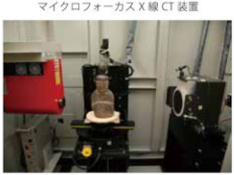
■マイクロフォーカスX線CT装置

この装置では、非破壊で調査対象の中を先鋭な断層画像や三次元画像として取得することができます。年輪年代調査の場合、たとえ表面で年輪を観察することができなくても内部の年輪を可視化することができるので、彩色や表面劣化などのある仏像や神像などの木造彫刻に対して、とくに効果的です。

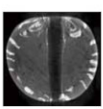
また年輪年代調査以外にも、ガラス製品、動物の骨格、土壌堆積物などの非破壊構造観察にも使用され、外観からは見ることのできない内部の仔細な情報を提供しています。

この装置で扱うことのできる対象物は、直径約30cm・高さ約50cm以内であれば最も良好な条件で撮像可能ですが、それより大きくても直径約45cm・高さ約1m以内であれば、オペレーションを工夫することで撮像できる場合もあります。

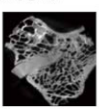
マイクロフォーカスX線CT装置


マイクロフォーカスX線CT装置を用いて男神像の断層撮像をしているところ

宮城県・追戸横穴墓出土のガラス玉

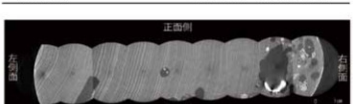

左記ガラス玉の縦断面

愛知県・朝日遺跡から出土した石鏃の刺さった鹿の腰椎


左記腰椎の横断面部分拡大

装置仕様

出力電圧	：	40～150kV
出力電流	：	10～500μA
焦点寸法		
10W未満／30W未満／75W以下	：	5μm ／ 25μm ／50μm
ワークサイズ		
オフセットフルスキャン時	：	直径30cm以下
センターセットハーフスキャン時	：	直径45cm以下
線源物体間距離(SOD)	：	10～613mm
線源画像間距離(SID)	：	207～811mm
画素構成	：	512×512～4096×4096画素



男神像の年輪幅計測用断層画像

■ 生物顕微鏡デジタルカメラシステム

この装置では、生物顕微鏡（いわゆる一般的な透過型の顕微鏡）で観察した対象物をデジタル写真撮影することができます。当研究室では、主に樹種同定に使用しています。樹種同定作業は、調査対象の木口・柾目・板目の三断面の薄い切片をガムクロラールで封入したプレパラートを観察して、樹種固有の特徴を観察しながら樹種（場合によっては属レベル）を絞り込んでいきます。接眼レンズを通して目視で観察した特徴をデジタル画像として残すことにより、樹種同定の正確さを担保することができるのです。

生物顕微鏡デジタルカメラシステム
・対物レンズは、Plan-APOCHROMAT の1.25×，2.5×，5×，10×，20×，40× を装備
・デジタルカメラの画素数は 2584×1936 の 500 万画素

ヒノキの木口（横断面）

ヒノキの柾目（放射縦断面）

ヒノキの板目（接線縦断面）

ケヤキの木口（横断面）

ケヤキの柾目（放射縦断面）

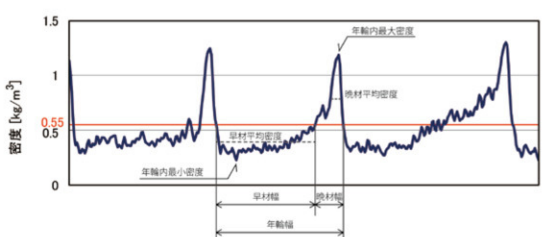
ケヤキの板目（接線縦断面）

■ 年輪密度解析システム

この装置では、調査対象の木材を均一な厚さ（0.5mm～1mm）にスライスしたものを軟X線でフィルムに密着露光し、そのフィルムの濃淡を角度制御機能付きの特殊なマイクロデンシトメーターで測ることにより、木材の年輪内の密度変化を測定することができます。年輪のデータというと、第一に思いつくのは年輪幅ですが、それ以外にも年輪内最小密度、年輪内最大密度、早材平均密度、晩材平均密度、早材幅、晩材幅など、さまざまな情報があります。年輪密度解析システムでは、これらの情報を取得できます。たいへん優れた高価なシステムなのですが、均一な厚さの薄片試料の作成を必要とすることから、調査対象が文化財の場合、あまり使用頻度が高くはありません。年輪と気候との関係を調べる年輪気候学などの研究方面で、広く用いられています。

木材を均一な厚さの薄片にスライスする装置

左側はX線露光装置、
右側は角度制御機能付きマイクロデンシトメーター



ヒノキの年輪密度解析のグラフ

平成 27 年 3 月 31 日発行
埋蔵文化財ニュース 160 号

埋蔵文化財センターの研究を支える

調査・分析機器紹介

独立行政法人国立文化財機構　奈良文化財研究所　埋蔵文化財センター
〒630-8577　奈良市佐紀町 247 番 1
お問い合わせ先：0742-30-6733

埋蔵文化財センター 40 周年