

文化財研究を牽引する新しい科学分析法の探索

大下 浩司

文化財研究は、文化財の保存修復、文化、歴史、芸術等、様々な学術領域が各々に、あるいは融合した形で進められる。科学分析も、文化財研究を推進するための研究手法の一つである。例えば、文化財の素材解析、文化財の劣化や風化の原因究明、その化学的メカニズムの解明等に、科学分析は有用である。現在も、優れた分析性能を備えた科学分析法は幾つもある。しかしながら、精度、確度、感度という信頼性を更に向上した、迅速、簡便、高感度という実用性を一層改善した科学分析法を追及しつづけることが大切である。そのように、科学分析の信頼性と実用性を一層向上することができれば、今まで以上に、文化財研究に有益かつ詳細な情報を入手できるようになる。そのため、科学分析法の開発という基礎研究も、文化財研究において重要な役割を担う。本稿では、文化財研究を牽引する新しい科学分析法の探索について述べる。筆者がこれまでに取り組んできた超微量元素分析法の開発に加えて、今年度より始動した多成分迅速分析法の開発と色材簡易分析法の開発に関する研究の概要を報告する。

1. はじめに

文化財研究の分野において、文化財の保存修復、文化、歴史、芸術等に加えて、科学分析は、文化財を学術的に紐解くための研究手法の一つである。例えば、文化財の成分組成を計測する科学分析法、文化財の周辺環境（展示環境、収蔵環境、自然環境等）の成分組成を計測する科学分析法、文化財とその周辺環境間における物質動態を計測する科学分析法等は、文化財の産地推定、異同識別、年代推定を視野にいたした文化財の素材解析、文化財の劣化や風化を予防するための原因究明、文化財の劣化や風化に関する化学的なメカニズム解明の一助になる。

これまでにも、そのような科学分析法を取り入れた文化財研究は、多くの研究者らによって報告されている。既存あるいは新たに開発した科学分析法を活用し、文化財の素材を分析する研究や文化財の周辺環境を分析する研究など、そのような科学分析法に関する応用研究によって、学術的にも有益な研究成果を挙げている。その他にも、既存の科学分析法の分析性能を一段と向上させる取組みや新しい科学分析法の開発に取り組む基礎研究も行われており、日進月歩で科学分析技術の信頼性と実用性が向上している。この100年ほどの間に、急速な進化を遂げた科学分析技術は、文化財研究分野に限らず、学術的にも、社会的にも幅広く利用されている。しかしながら、科学分析法は、研究者の期待を十分に満足させる分析性能の確保には至っておらず、更に、迅速化、簡便化、高感度化といった、科学分析法の実用性の向上を図りながら、精度、確度、感度という信頼性の向上を目指しつづければならない。

本稿では、そのような背景をふまえて、今年度取り組んだ研究について、文化財研究を牽引

する新しい科学分析法の探索と題して、その概要を報告する。

2. 研究内容

文化財の組成成分を計測するためには、文化財に触れず、壊さず、汚さずに、文化財を科学分析する非破壊分析法（試料を消費せずに計測する手段）がある。また、定性的な判断が求められるのか、あるいは定量的な判断が必要なのかという分析目的、そして、分析試料の状態や特徴等を総合的に判断して、通常の科学分析法（試料を消費しながら計測する手段）も、文化財研究推進の一翼を担う。筆者がこれまでに進めてきた、産地推定、異同識別、年代推定等の文化財研究を牽引する超微量元素分析法の開発に加えて、文化財の周辺環境に存在し文化財の劣化や風化に影響を与える物質や、文化財に付着した微量な生体関連物質（DNA、アミノ酸、タンパク質等）の分析から過去の歴史を紐解くための多成分迅速分析法の開発、そして、油彩画や日本画に使用される絵具を非破壊計測するための色材簡易分析法の開発をスタートした。それらの研究概要を以下に述べる。

これまでに、超微量元素分析法の開発に関わる基礎研究を推進してきた。文化財の材料、文化財への付着物、文化財周辺環境中の有害物質等、極微量な化学物質、特に ppt ~ ppb レベル（1兆分の1~10億分の1グラム程度）の元素を、迅速、簡便、高感度に計測できる科学分析法の開発に取り組んできた。そのような超微量元素を分析する際、試料中の金属イオンの濃縮と共存物質の分離といった分析前処理の過程が、分析性能向上のボトルネックとなっていた。すなわち、金属イオン濃縮の高倍率化、共存物質分離の高効率化、一連の前処理操作の自動化が、研究の課題であった。それらの問題を解決するために、試料中の金属イオンを効果的に濃縮し、共存物質を効率よく分離できる、新しい分離濃縮剤の創製と、分析前処理における一連の操作を自動化した分析前処理システムの開発に取り組んだ。水溶液内の金属イオンの吸着に優れた、親水性の化学構造を有するキトサンを基材に用い、そのキトサンに、分析対象である金属イオンと選択的に錯形成するキレート試薬や新しいキレート官能基を探索し、金属イオンの分離・濃縮に優れた新しい前処理剤を開発した。さらに、分析前処理プロセスの自動化を目指し、シリンジポンプ、スイッチングバルブ、セレクションバルブ等の各モジュールを組み合わせ、機能させることによって、分析前処理システムの自動化を達成した。以上の結果、迅速、簡便、高感度に超微量元素を計測できる科学分析法を開発することができた。そのような超微量元素分析法は、文化財分野において、文化財の産地推定、異同識別、年代推定等、その応用範囲は広い。分析の精度、確度、感度の向上に伴い、分析値に対する信頼性も向上した。

また、多成分迅速分析法の開発については、高速液体クロマトグラフ法（HPLC）の技術を基盤にして、HPLCシステムに装着する新しい分析カラムの創製に取り組んだ。従来のHPLCは、シリカをベースにした無機材料や有機ポリマーをベースにした合成有機材料を充填した分析カラムを使用していた。しかしながら、生体や環境への安全性、資源の有効活用を考えると、分析カラム創製へ向けて、新たなアプローチが必要である。そこで、本研究では、廃棄バイオマスの一つであるキトサンの特徴に着目し、キトサンをベースにした、新しい分離担体を創製することによって、新しい分析カラムの開発を目指した。キトサンは、カニやエビの殻に含まれるキチンを脱アセチル化することによって得られるグルコサミン骨格を有する天然有機材料の一つである。その地球上での生産量は、年間1000億トンともいわれ、セルロースに次ぐ2番目

の生産量を誇るバイオマスである。また、一般に廃棄物として扱われるカニやエビの殻に含まれるキチンから生産できるため、いわゆる廃棄バイオマスの有効利用にも貢献する。また、キトサンの化学的特徴に着目すれば、キトサンは、多数の水酸基やアミノ基を有しており、水素結合やイオン交換など、複合的な化学的相互作用を発現しやすい。さらに、一級の水酸基やアミノ基は反応活性であり、誘導体化しやすい利点をもつ。そのようなキトサンを活用し、多成分迅速分析を実現する新しい分析カラムの創製に取り組んだ。

さらに、色材の簡易科学分析法の開発については、従来の方法では、高価な分析装置を要するため、分析化学の専門家以外の文化財研究者にまで普及が進んでいない。そのような従来の色材の科学分析法の抱えていた課題を解決するために、安価な分析装置を新たに開発することによって、分析化学の専門家のみならず、文化財の保存修復、文化、芸術、歴史等の幅広い領域の専門家へ、その分析法の普及を図ることを視野にしている。高価な分析装置を使用する従来の色材科学分析法は、光源、光ファイバー、分光器等を分析装置に備えているため、分析装置の高額化の原因の一つになっており、本研究はそのような課題の解決を図っている。本研究で開発を進めている色材の簡易科学分析法が実用化すれば、文化財研究に有益な情報をもたらす。例えば、色材の種類や成分の分析は、計測により識別した、油彩画や日本画等の文化財に使用されている絵具の種類と、文化財の制作時に生産、使用されていた絵具の種類を比較することによって、文化財制作後の加筆・修正の変遷に関する推察に役立つ。また、分析データとして示されるスペクトルの形状の変化に基づき、絵具の劣化や変性の度合いの解明など、文化財研究に有益な情報を提供できる。

以上の通り、超微量元素分析法については、文化財研究に応用可能な科学分析システムの開発に成功した。また、今年度より始動した多成分迅速分析法の開発と色材簡易分析法の開発も、今後の研究の道筋を望める段階まで到達することができ、今後も研究を推進する。

3. おわりに

文化財研究に、科学分析法を積極的に活用するためには、科学分析法の一層の性能向上が必要である。また、科学分析法によって、完全なるデータ（真の値）を導くことは不可能かもしれないが、真の値に限りなく近い値を導き出すために、科学分析法の信頼性を最大限確保することが肝要である。本研究では、迅速、簡便、高感度という実用性の向上を図りながら、精度、確度、感度という信頼性の確保をねらっている。それらの目的の達成によって、文化財分野の研究のみならず、その関連分野の研究にとって有用な科学分析法の開発が期待できる。

本研究の一部は、平成 21 年度 八雲環境科学振興財団 環境研究助成および平成 21 年度 吉備国際大学共同研究費により行った。ここに厚く感謝申し上げます。

また、御支援、御協力頂いた方々に、心より御礼申し上げます。

所属：吉備国際大学 文化財学部 文化財修復国際協力学科
(〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町8)