

公設試験研究機関で蛍光 X 線分析をやってみた

高田 祐一 (奈良文化財研究所)

製鉄

金属器

文化財科学

素材分析 / エッセイ

鉄滓 / 蛍光X線 / 工業試験場 / 文化財科学

考古学者が文化財の分析を行う際の3つの課題(機器の保有、操作方法の習得、文化財科学の修得)について述べ、公設の工業試験研究機関での分析事例を紹介する。具体的には、兵庫県豊岡市で採集した鉄滓の成分分析を、兵庫県立工業技術センターで蛍光X線分析装置を用いて実施した経緯を記載した。同センターでは多数の分析機器を安価に利用でき、研修も行われていることから、機器保有の壁を低くする有用な施設である。各都道府県の公設試験研究機関を活用することで、個人でも高度な分析が可能となり、文化財調査研究の発展につながる。

1. はじめに 分析の3つの壁

考古学徒であれば、出土遺物を入念に観察し記録を取るであろう。形状を実測し、写真撮影が主な手段だろう。そこに機器を用いた分析となるとハードルが高くなる。そこには、①分析機器の保有、②分析機器の操作方法の習得、③文化財科学の修得の3つの壁がある。③については学問として学ぶしかない。しかしながら、①②については、環境に左右される。文化財科学を習得しながらも機器がない環境であったり、操作方法が分からない場合は調査研究をできない。また特殊な機器を除き汎用的な機器すらない状況は、研究環境の不均衡をもたらす。機器を持つ組織が優位に立

つのではなく、知識や問題意識のアイデアによって個人でもエッジの効いた調査研究をできることが、学術分野全体を活性化させる。そこで、分析を安価に利用できる公設試験研究機関（工業試験場）での実践例を紹介する。なお、筆者は文化財科学の専門家ではなく、結果について本稿では触れない。

2．鉄滓の分析

2．1 対象

科学研究費「新しい遺跡を発見する：機械学習による自動地形判読手法の開発」

(<http://doi.org/10.24484/sitereports.132481>)の一環で、兵庫県豊岡市但東町小坂の踏査を実施した。その際、想定外であったが鉄滓を採集をした（高田他2023）（図1,2）。一部の鉄滓については豊岡市仲田氏・兵庫県永恵氏らと協議し、成分分析を実施することとした。



図1 大光寺散布地（兵庫県豊岡市）



図2 採集した鉄滓

2.2 兵庫県立工業技術センターでの分析

分析は、兵庫県立工業技術センターにて実施した。ご担当の方には、機器選定の相談から乗っていただき丁寧にご対応いただけた。2023年11月9日当日は鉄滓2点をエネルギー分散型蛍光X線分析装置「EDX-900」にて成分分析した（図3・4・5・6）。操作方法をレクチャーいただき、時間制限なく分析した（2点のみなので短時間で終わった）。費用は5000円であった。



図3 エネルギー分散型蛍光X線分析装置



図4 分析した鉄滓

測定条件

分析対象	TG kV	uA	FI 取込 (keV)	解析 (keV)	Time (sec)	D. T. (%)
Na-Sc	Rh 15	1000-Auto	0 - 20	0.0 - 4.4	Live - 40	5
Na-U	Rh 50	375-Auto	0 - 40	0.0 - 30.0	Live - 40	11

定性分析結果

元素: Si, Rh, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Sr, Zr, Nb

ピークリスト

チャンネル名	Line	keV	Net強度 (cps/uA)	
Na-Sc	SiKa	1.75	0.088	QF
	RhLa	2.72	0.078	
	RhLb2	2.99	0.050	
	K Ka	3.32	0.209	QF
	CaKa	3.69	0.241	QF
	CaKb	4.01	0.032	
	TiKa	4.52	3.889	
	TiKb	4.94	0.583	
	V Ka	4.94	0.170	
	V Kb	5.41	0.025	
	CrKa	5.41	0.014	
	MnKa	5.90	0.455	
	FeKa	6.40	10.376	
	MnKb	6.49	0.068	
FeKb	7.06	1.542		
FeKaSUM	12.81	0.014		
Na-U	SiKa	1.72	0.170	
	RhLa	2.76	0.295	
	RhLb2	2.96	0.150	
	K Ka	3.32	0.564	
	CaKa	3.68	0.684	
	CaKb	4.02	0.089	
	TiKa	4.50	15.120	QF
	TiKb	4.94	2.166	
	V Ka	4.94	0.961	QF
	V Kb	5.42	0.134	
CrKa	5.42	0.095	QF	

図5 分析結果

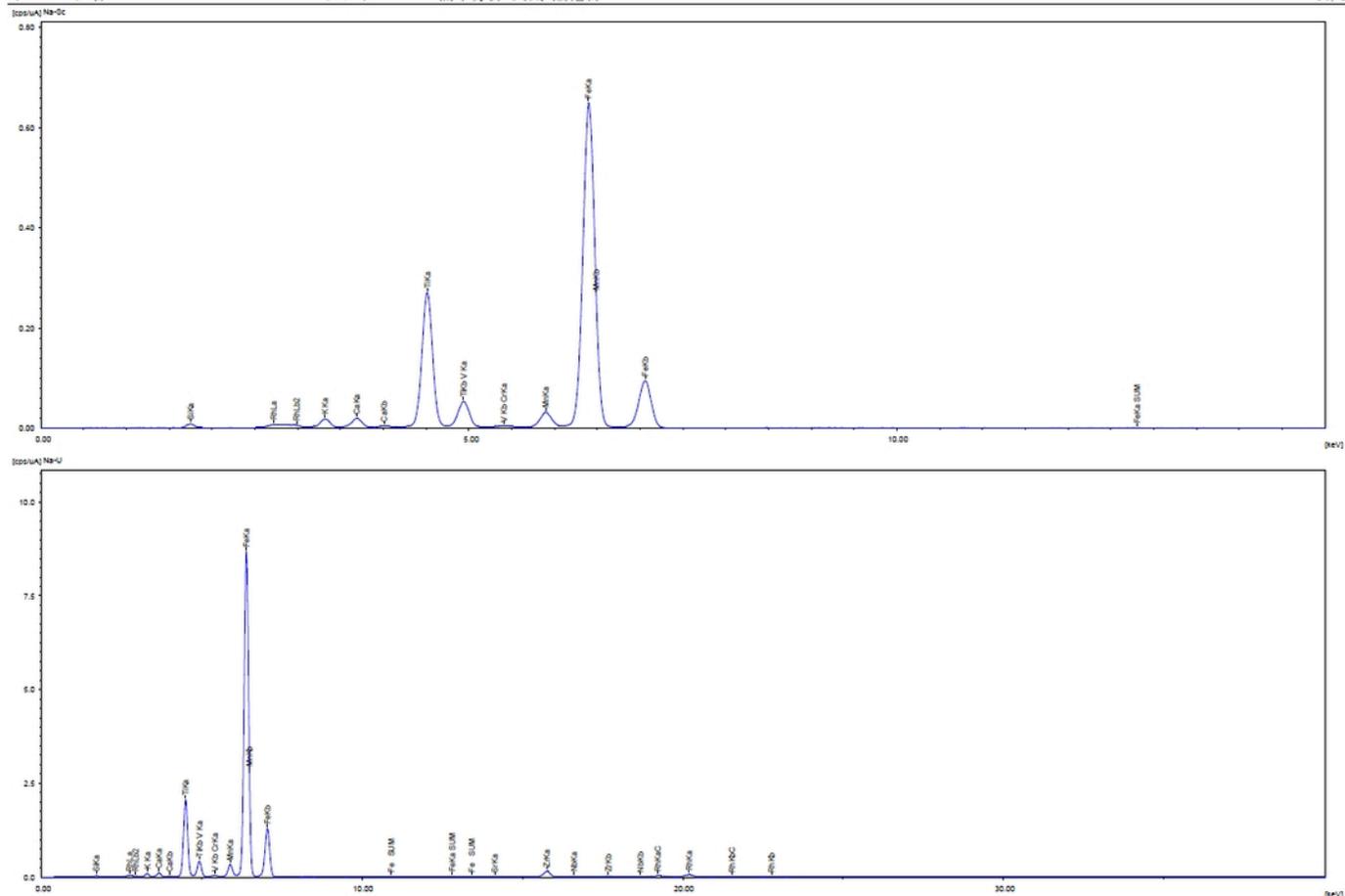


図6 分析結果

※生データは文化財データリポジトリにて公開 <https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/cultural-data-repository/50>
(<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/cultural-data-repository/50>)

3 . 兵庫県立工業技術センター

兵庫県立工業技術センターでは、技術相談・機器貸出・機器利用研修・依頼試験等を実施している。貸出機器は254件あり、いずれも安価に利用できる(図7)。機器利用研修も充実している(図8)。

	電界放出型分析走査電子顕微鏡	3,500円/時間	神戸
	繊維用フーリエ変換赤外分光光度計	1,700円/時間	西脇
	発光分光分析装置	3,400円/時間	神戸
	液体クロマトグラフ質量分析装置	4,400円/時間	神戸
	波長分散型蛍光エックス線分析装置	2,600円/時間	神戸
	化学状態分析用蛍光エックス線分析装置	2,800円/時間	神戸
	マイクロプレートリーダー	1,200円/時間	神戸
	フーリエ変換赤外分光光度計	1,200円/時間	神戸
	ゼーマン効果型原子吸光分光分析装置	3,400円/時間	神戸
	ガスクロマトグラフ分析装置	1,400円/時間	神戸
	エネルギー分散型X線分析装置付走査型電子顕微鏡	3,100円/時間	神戸
	X線光電子分光分析装置	6,700円/時間	神戸

図7 貸出機器の一部 (<https://www.hyogo-kg.jp/kiki> (<https://www.hyogo-kg.jp/kiki>))

機器利用研修会を実施する開放試験分析機器

(令和5年4月1日現在)

番号	受講料「5,000円」	設置場所	番号	受講料「4,000円」	設置場所
2002-50-3	超音波減衰音測定機	神戸	2002-40-6	繊維用フーリエ変換赤外分光光度計	西脇
2002-50-5	分析電子顕微鏡	神戸	2002-40-11	発光分光分析装置	神戸
2004-50-2	繊維用走査型電子顕微鏡	西脇	2002-40-16	高周波プラズマ発光分光分析装置	神戸
2004-50-5	金属顕微鏡	神戸	2003-40-1	示差熱分析装置	姫路
2006-50-2	三次元表面構造解析顕微鏡装置	神戸	2004-40-2	化学状態分析用蛍光エックス線分析装置	神戸
2009-50-4	エネルギー分散型エックス線分析装置付走査型電子顕微鏡	神戸	2006-40-2	射出成形機	神戸
2012-50-1	走査型プローブ顕微鏡	神戸	2006-40-3	複合ビーム成膜装置	神戸
2012-50-2	集束イオンビーム加工装置	神戸	2006-40-4	風合い計測システム	西脇
2012-50-3	樹脂3Dプリンタ	神戸	2008-40-1	共焦点顕微鏡	神戸
2012-50-4	電気・電子特性評価装置	神戸	2010-40-1	回転対称極式エックス線回折装置	神戸
2012-50-5	フローサイトメーター	神戸	2010-40-2	紫外可視近赤外分光光度計	神戸
2013-50-1	紫外レーザ加工装置	神戸	2010-40-3	ゼーマン効果型原子吸光分光分析装置	神戸
2013-50-2	MEMS製作用プロジェクション描画装置	神戸	2012-40-1	ガスクロマトグラフ分析装置	神戸
2013-50-3	MEMS製作用両面マスクアライナー	神戸	2012-40-3	反射分光膜厚計	神戸
2013-50-4	エックス線マイクロアナライザー	神戸	2013-40-1	MEMS製作用スパッタリング装置	神戸
2013-50-5	エックス線光電子分光分析装置	神戸	2013-40-2	マイクローム	神戸
2013-50-6	液体クロマトグラフ質量分析装置	神戸	2013-40-3	近接場光学顕微分光装置	神戸
2013-50-7	マイクロエックス線CTスキャナー	神戸	2013-40-4	ガスクロマトグラフ質量分析装置	神戸
2015-50-1	分析走査電子顕微鏡	神戸	2013-40-5	原子吸光分光分析装置	姫路
2015-50-2	マイクロフォーカスエックス線透視装置	神戸	2013-40-6	イオンクロマトグラフ	神戸
2018-50-1	浸透探傷装置	神戸	2014-40-1	高速エックス線回折システム	神戸
2018-50-2	磁粉探傷装置	神戸	2014-40-2	フーリエ変換赤外分光光度計	神戸/姫路
2018-50-3	超音波探傷装置	神戸	2016-40-1	ガスバリア性測定装置	神戸
2018-50-4	金属3Dプリンタ	神戸	2017-40-1	高延性材料試験機	神戸
2018-50-5	構造最適化解析システム	神戸	2017-40-2	熱重量測定示差熱分析装置	西脇
2018-50-6	金属造形用エックス線残留応力測定機	神戸	2018-40-1	熱盤式真空油圧プレス機	西脇
2018-50-7	砂型3Dプリンタ	神戸	2018-40-2	熱機械分析・応力歪測定装置	西脇
2018-50-8	分析機能付走査電子顕微鏡(繊維)	西脇	2018-40-3	赤外顕微鏡付フーリエ変換赤外分光光度計	西脇
2018-50-9	ガスクロマトグラフタンデム質量分析装置	姫路	2019-40-1	波長分散型蛍光エックス線分析装置	神戸
2020-50-1	高機能ガスクロマトグラフ質量分析装置	神戸	2023-40-1	高感度振動試料型磁力計	神戸
2021-50-1	MEMS製作用直接描画装置	神戸	2023-40-2	示差走査熱量分析装置	神戸
2022-50-1	高分子材料分析システム	神戸			

図8 機器利用研修(一部) (<https://www.hyogo-kg.jp/download/kiki/Kensyu.pdf> (<https://www.hyogo-kg.jp/download/kiki/Kensyu.pdf>))

4. おわりに

各都道府県にはいわゆる工業試験場があり、調査研究環境に機器がなくとも安価に分析できる意義は大きい。また機器は常にメンテナンスが必要であり、コスト負担も大きい。公設機関の機器を有効に使うことで、分析の幅を広げることが可能となる。そして、学生や市民でも専門家と同等の高度な分析機器を使用できることは、文化財の調査研究のすそ野を拡大し、分野全体で発展していく基盤となる。筆者の立場としては分析した研究データが蓄積されていくことを目指したい。

参考文献

高田祐一・永恵裕和2023「兵庫県豊岡市における踏査の記録」『遺跡踏査とデジタル技術』奈良文化財研究所研究報告第40冊 (<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/article/121412>)

謝辞

丹羽崇史氏（奈良文化財研究所）から金属技術についてご教示いただいた。お礼申し上げます。

2024-03-27 「図1 大光寺散布地（兵庫県豊岡市）」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所
<https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>

2024-03-27 「図2 採集した鉄滓」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>

2024-03-27 「図3 エネルギー分散型蛍光×線分析装置」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所
<https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>

2024-03-27 「図4 分析した鉄滓」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>

2024-03-27 「図5 分析結果」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>

2024-03-27 「図6 分析結果」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所 <https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>

2024-03-27 「図7 貸出機器の一部」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所
<https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>

2024-03-27 「図8 機器利用研修（一部）」『文化財データリポジトリ 高田祐一「公設試験研究機関で蛍光×線分析をやってみた」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用6』』奈良県 奈良文化財研究所
<https://sitereports.nabunken.go.jp/cultural-data-repository/50>