

考古学とミュオン非破壊分析

岡山大学 埋蔵文化財調査研究センター
南 健太郎

2018.11.09 ミュオンによる非破壊分析の可能性

内容

1. 考古学と化学分析

→考古学研究においてどのような科学分析がおこなわれてきたか。成分分析と同位体比分析を中心に。

2. 考古学研究と成分分析

→成分分析の方法とその成果。蛍光X線分析を中心に。

3. 考古資料のミュオン非破壊分析

→ミュオン非破壊分析でどのような結果が得られたか。

4. ミュオン非破壊分析の展望

→ミュオン非破壊分析の今後の展開について。

1. 考古学と化学分析ー成分分析と同位体比分析ー

①成分分析

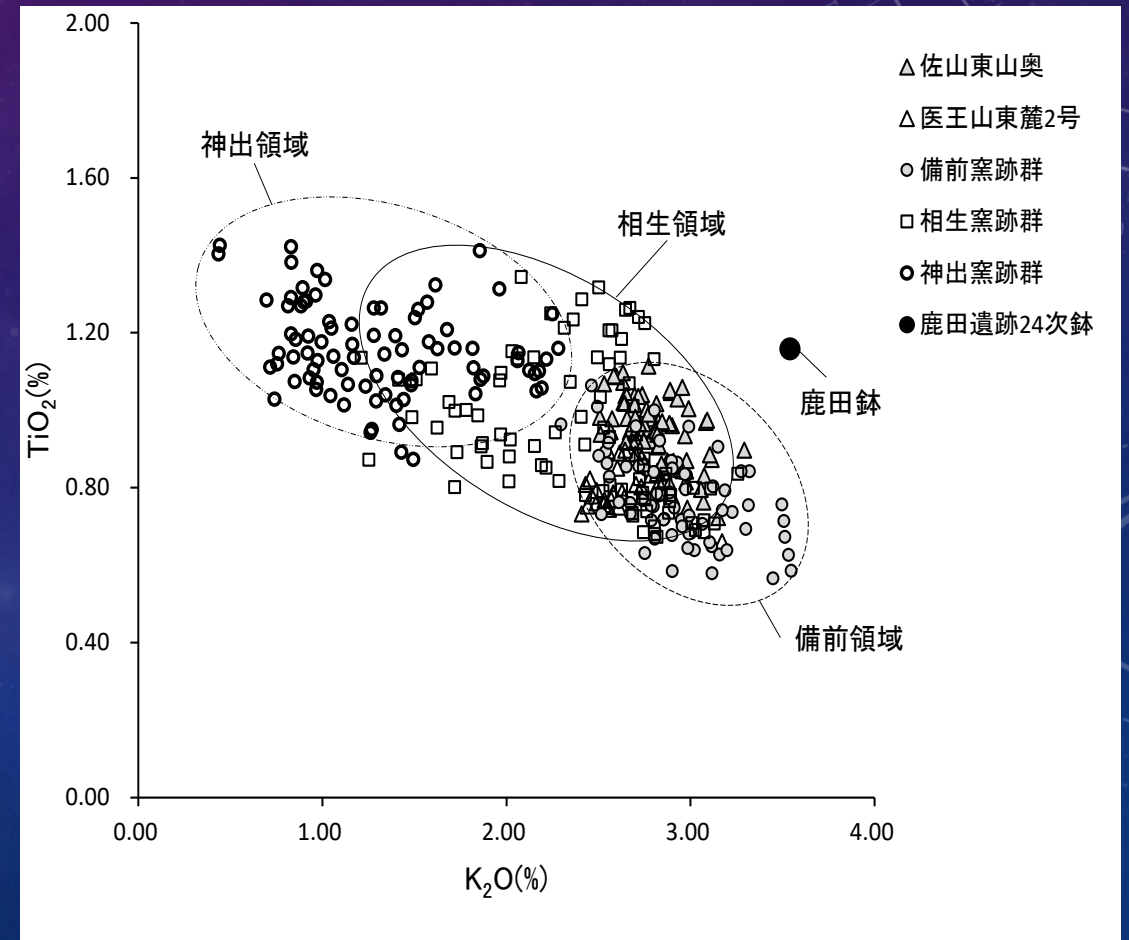
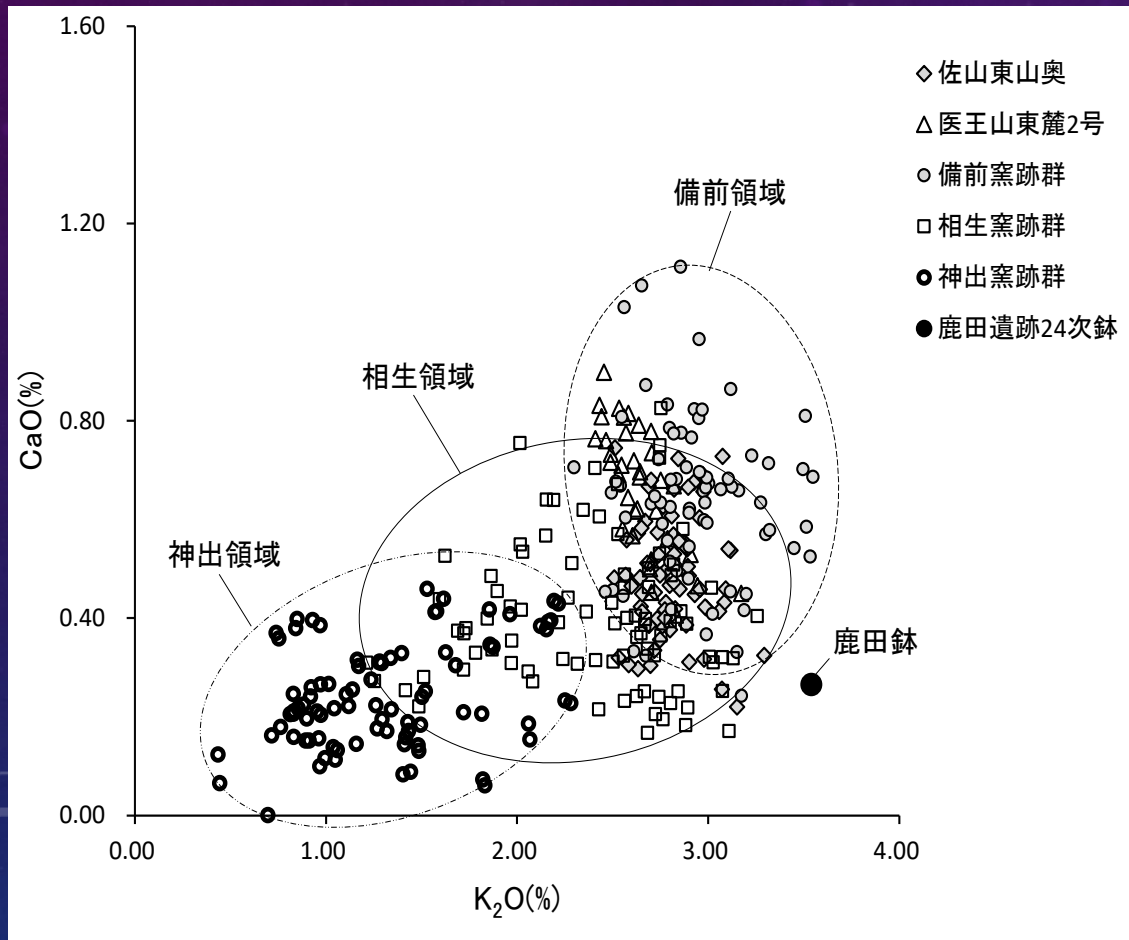
- エネルギー分散型蛍光X線分析
- 波長分散型蛍光X線分析
- ICP-MS
- Spring-8
- 金属組織観察 (SEM-EDS、EPMA)

②同位体比分析

- 鉛同位体比分析 (金属製品などに使用される鉛の産地推定)
- 硫黄同位体比分析 (水銀朱の産地推定)
- ストロンチウム同位体比分析 (石器の産地推定)
- 炭素・窒素安定素同位体比分析 (骨コラーゲンによる食性復元)

2. 考古学研究と成分分析ー蛍光X線分析を中心にー

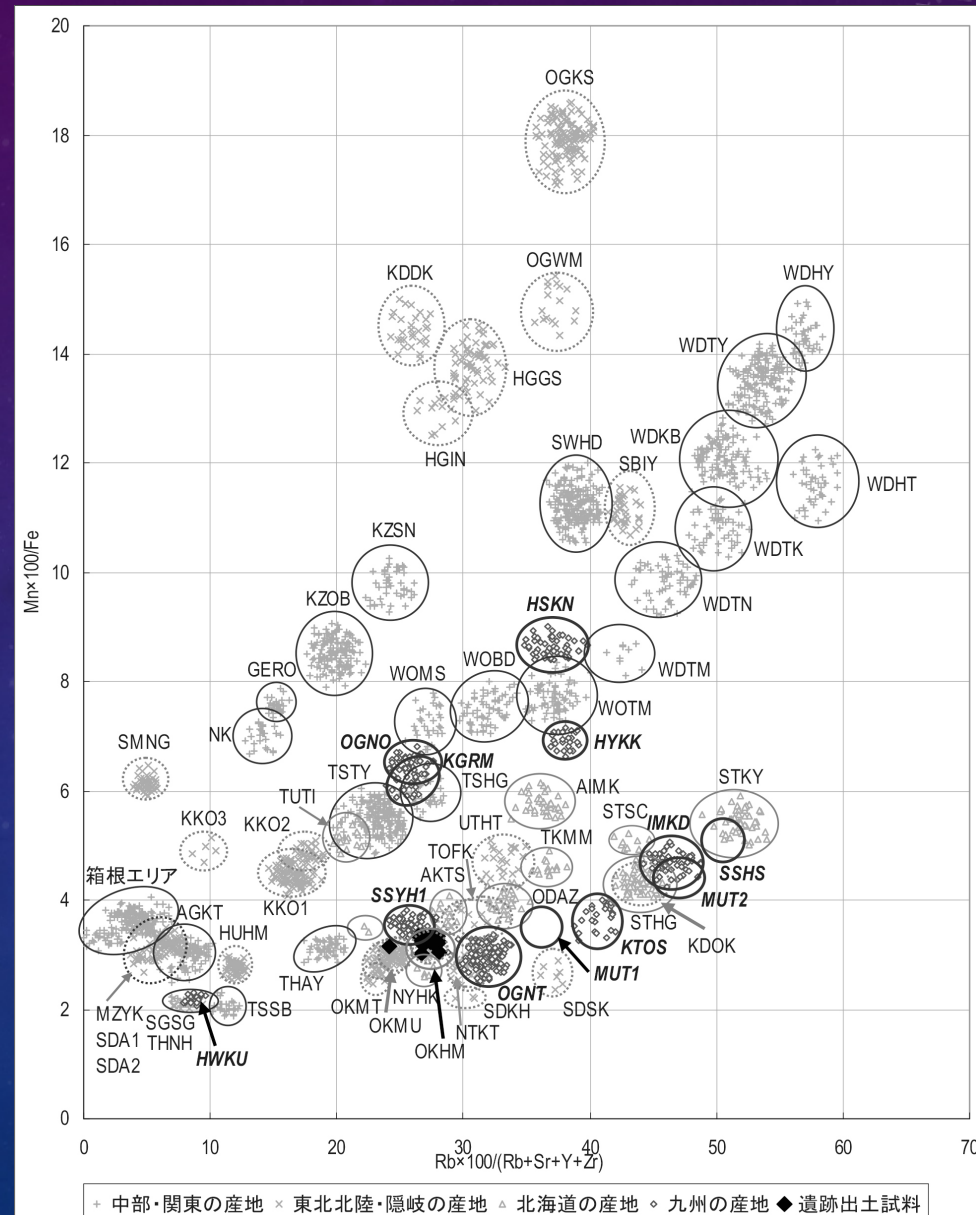
- ・土器の成分分析→土器の産地推定



2. 考古学研究と成分分析ー蛍光X線分析を中心にー

・石器の成分分析

→石材の原産地推定



2. 考古学研究と成分分析ー蛍光X線分析を中心にー

・金属器の成分分析→原材料の配合比

目録 番号	番号	出土地	所在地	鏡名	成分(%)				面径 (cm)	重量 (g)	変遷段階	
					Cu(銅)	Sn(錫)	Pb(鉛)	合計			岩本	福永
28	M22	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	吾作五神四獣鏡	65.4	23.5	4.69	94.9	21.9	1214.5×	1	A
8		森尾古墳	兵庫県豊岡市	正始元年陳是作同向式神獣鏡	66.80	24.00	5.28	97.23	22.7	1397.1×	1	A
34	M4	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	張氏作四神四獣鏡	70.4	21.8	4.01	97.1	23.8	1415.4×	2	A
35	M7	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	吾作四神四獣鏡	72.2	20.8	3.74	98.0	19.8	928.0×	2	A
35	M8	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	吾作四神四獣鏡	72.9	22.2	2.43	98.5	19.8	965.5×	2	A
42	M9	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	櫛歯文帯四神四獣鏡	64.9	25.7	3.62	95.5	22.1	1072.3△	2	A
42	M10	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	櫛歯文帯四神四獣鏡	62.1	25.8	3.68	92.7	22.1	1082.0×	2	A
26	M20	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	吾作三神五獣鏡	73.6	21.6	2.40	98.8	21.5	1075.4×	2	A
21	M21	椿井大塚山古墳	京都府木津川市	張氏作三神五獣鏡	69.3	24.0	2.71	98.1	22.6	—×	2	A
35	M22	万年山古墳	大阪府枚方市	吾作四神四獣鏡	70.39	23.25	5.35	99.69	20.1	—×	2	A

2. 考古学研究と成分分析ー蛍光X線分析を中心にー

○課題

A: 破壊分析ができない

→ 金属器の場合、錆の影響で表面の分析は信頼性に問題。

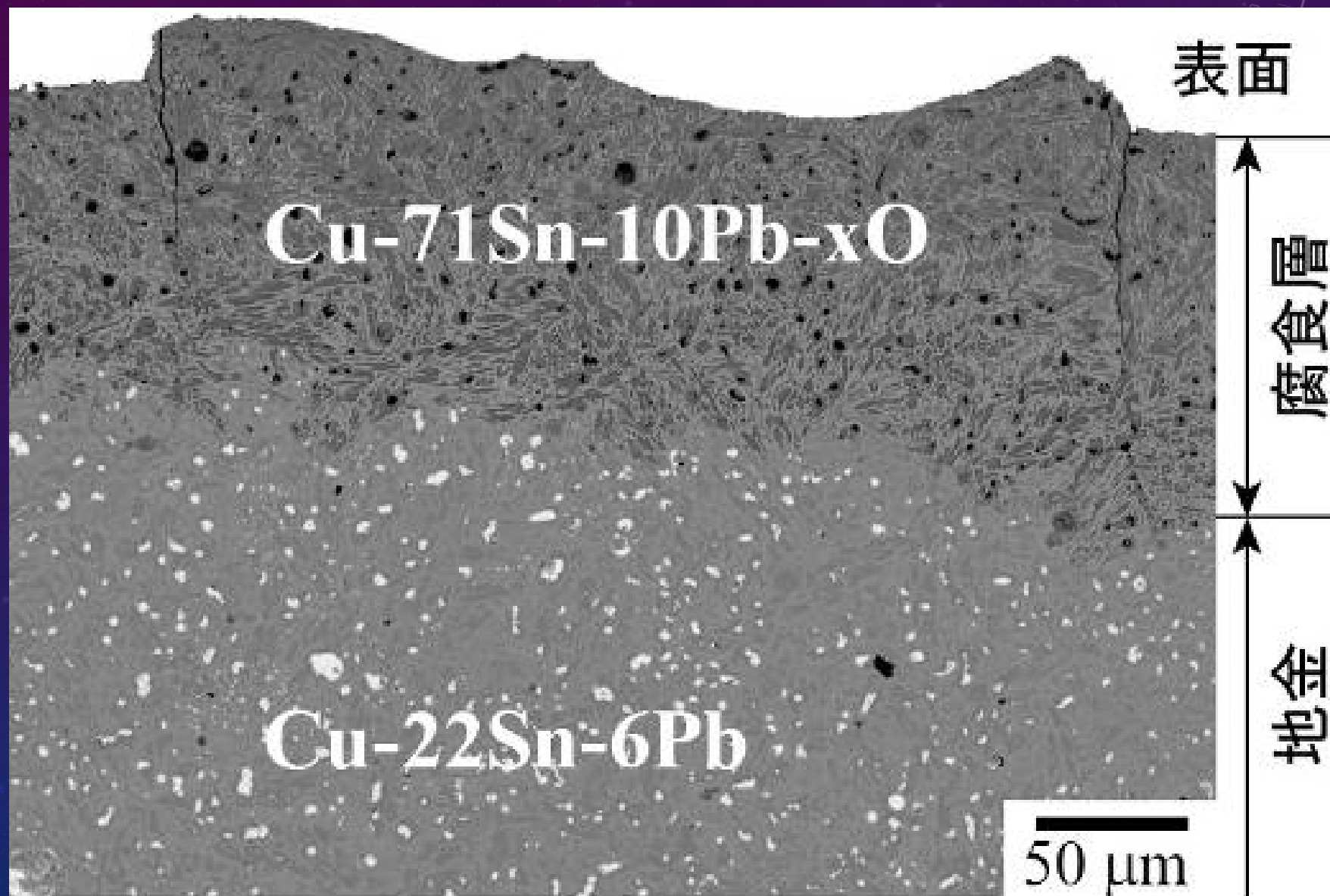
B: 破壊できる場合でも、測りたい場所を限定せざるを得ない。

→ 複数ヶ所を測ることは困難。

→ データが欲しい位置を測れる場合はほとんどない。







2. 考古学研究と成分分析ー蛍光X線分析を中心にー

○課題

A: 破壊分析ができない

→ 金属器の場合、錆の影響で表面の分析は信頼性に問題。

B: 破壊できる場合でも、測りたい場所を限定せざるを得ない。

→ 複数ヶ所を測ることは困難。

→ データが欲しい位置を測れる場合はほとんどない。

⇒ ミューオン非破壊分析

3. 考古資料のミュージオン非破壊分析

実験施設：大阪大学核物理研究センターMuSIC

資料：岡山大学構内遺跡（鹿田遺跡）出土石鍋（12～13世紀）

岡山大学構内遺跡（鹿田遺跡）出土銅鏃（2世紀）

泉屋博古館所蔵星雲文鏡（紀元前1世紀）

富山大学芸術文化学部長柄研究室所蔵標準資料

3. 考古資料のミュオン非破壊分析

実験施設：大阪大学核物理研究センターMuSIC

資料：岡山大学構内遺跡（鹿田遺跡）出土石鍋（12～13世紀）



長さ6.4cm、幅7.2cm、1.3～2.2cm

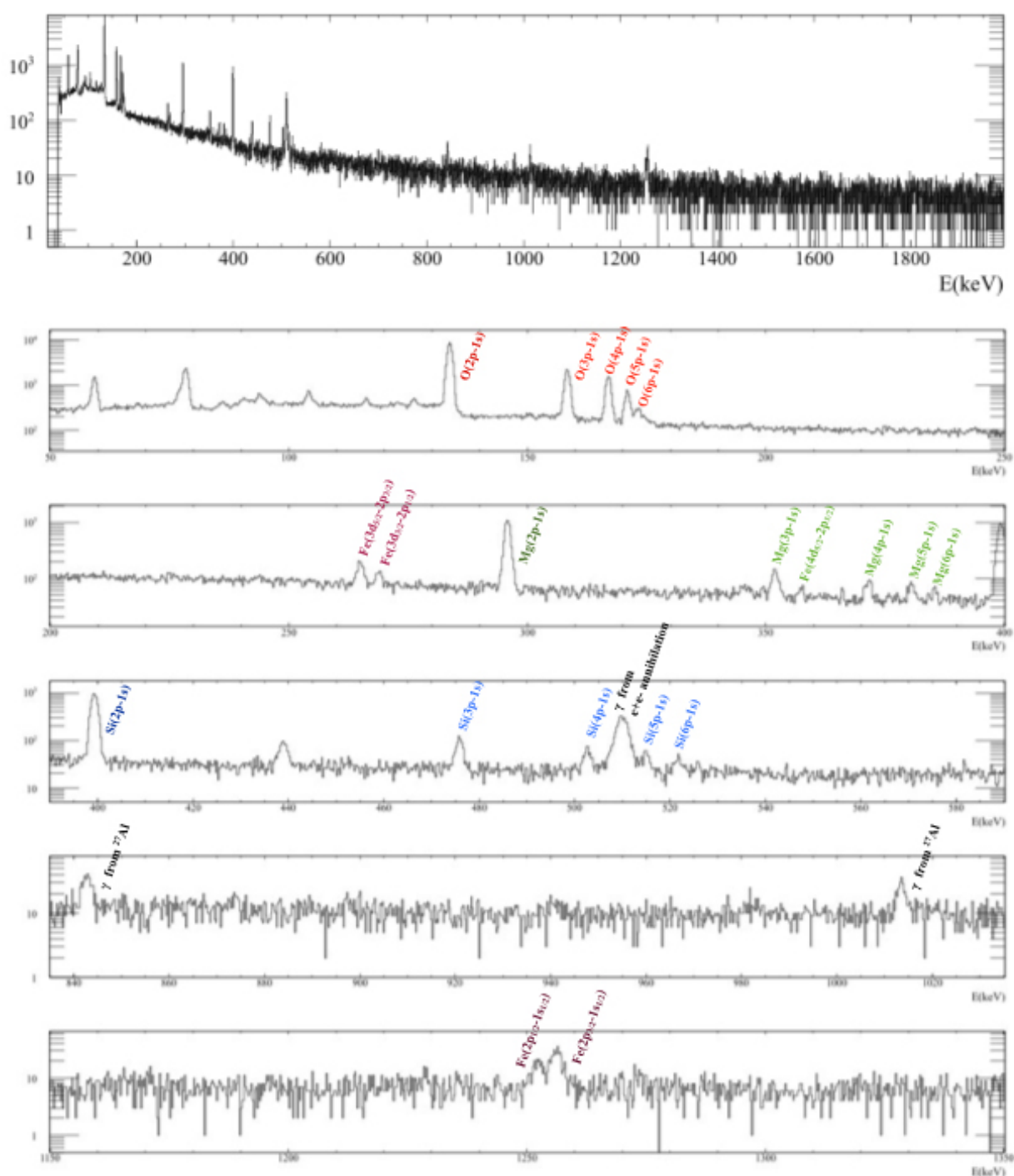
3. 考古資料のミュオン非破壊分析

実験施設：大阪大学核物理研究センターMuSIC

資料：岡山大学構内遺跡（鹿田遺跡）出土石鍋（12～13世紀）

蛍光X線分析結果（破壊）→主要元素はSi、Mg、Fe、Al

Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca
67.770	0.004	2.632	6.280	0.084	22.709	0.012
Na	K	P	Ni	S	Sr	Zr
0.241	0.032	0.052	0.1222	0.0021	0.0002	0.0017



測定時間51分
ビーム径約4cm

原子数
Si(23.3%)
Mg(11.6%)
Fe(1.6%)
Al(1.1%)
O(62.3%)

3. 考古資料のミュオン非破壊分析

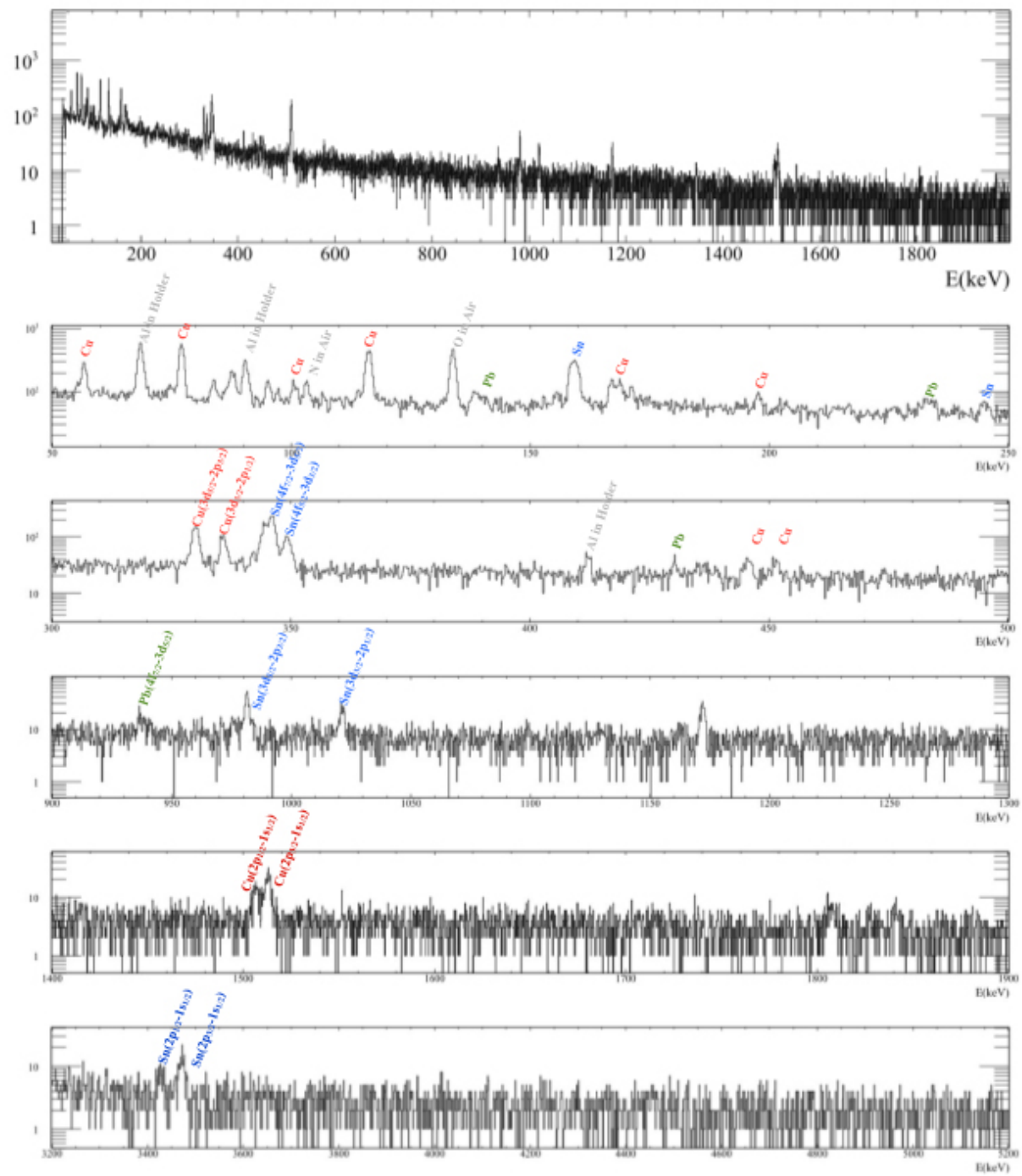
実験施設：大阪大学核物理研究センターMuSIC

資料：岡山大学構内遺跡（鹿田遺跡）出土銅鏃（2世紀）

※成分分析は未実施



長さ2.9cm、幅1.2cm、厚さ0.3cm



測定時間135分
ビーム径約4cm

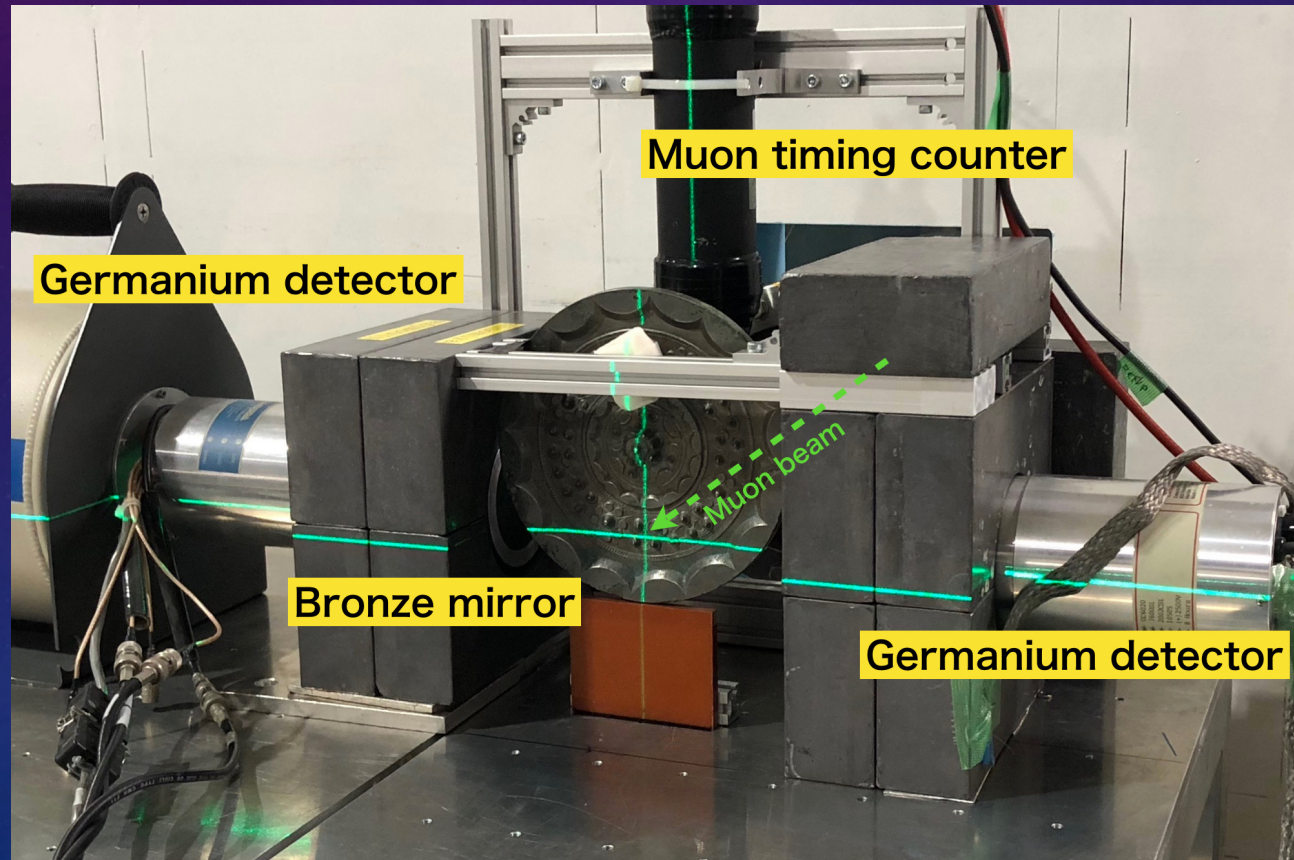
Cu、Sn、Pbにピーク

3. 考古資料のミュオン非破壊分析

実験施設：大阪大学核物理研究センターMuSIC

資料：泉屋博古館所蔵星雲文鏡（紀元前1世紀）

富山大学芸術文化学部長柄研究室所蔵標準資料



3. 考古資料のミュオン非破壊分析

実験施設：大阪大学核物理研究センターMuSIC

資料：泉屋博古館所蔵星雲文鏡（紀元前1世紀）

富山大学芸術文化学部長柄研究室所蔵標準資料

Sample-A 径37.5mm、厚さ19.4mm

Cu 74.0(wt%)

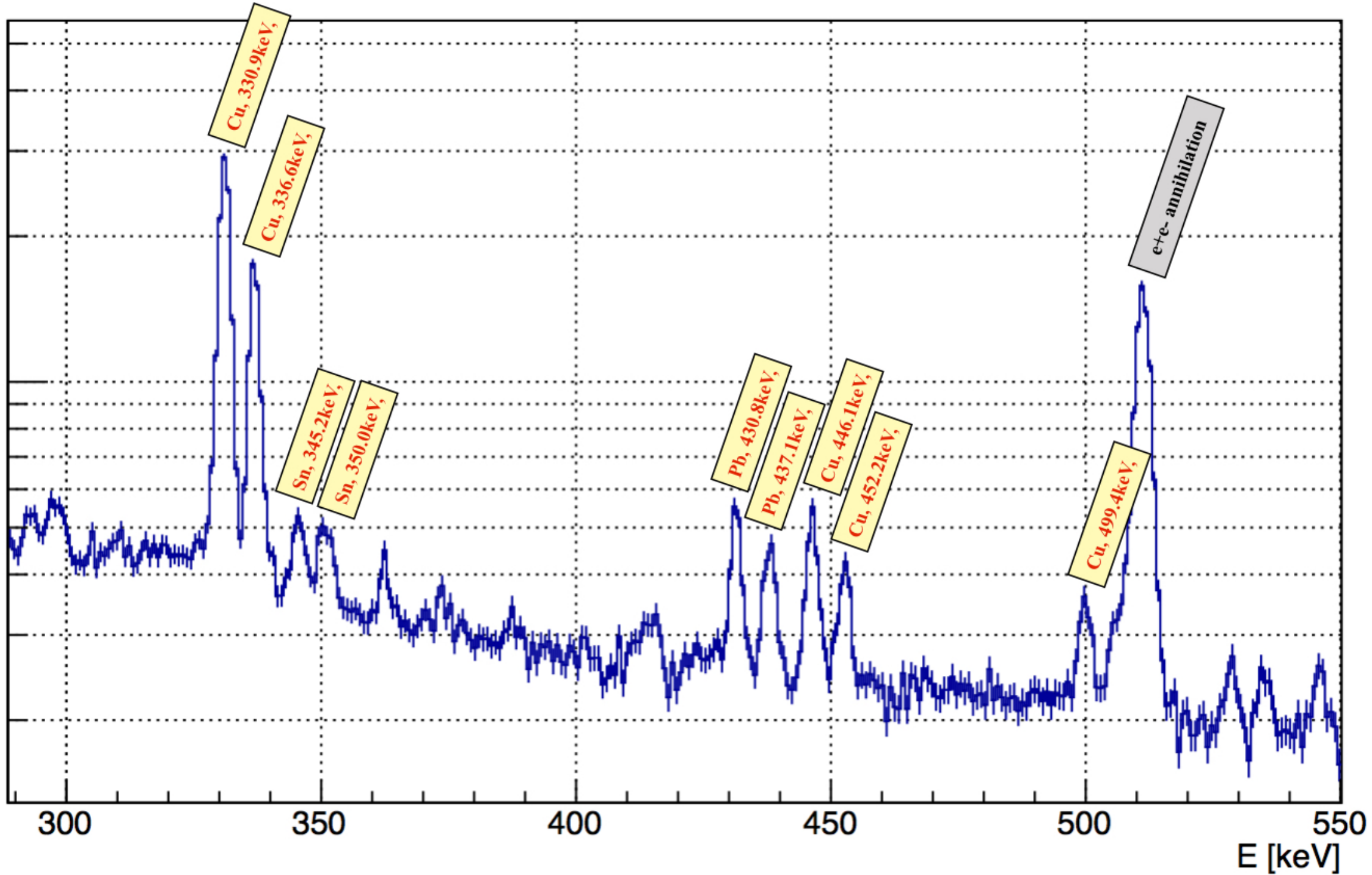
Sn 6.0

Pb 19.0

Measurement time 1.7h

[counts]

10^3



4. ミューオン非破壊分析の展望

(1) 今後への期待

○非破壊分析による貴重資料のデータ蓄積

- 三角縁神獣鏡
- 金銅製品
- 施釉陶器
- 丹塗り土器
- 仏像

4. ミューオン非破壊分析の展望

(1) 今後への期待

○製作技術研究への貢献

- 鑄造方法(成分分析、元素の結合)
- 原材料の配合方法(成分分析)
- 原材料の産地(同位体比分析)

4. ミューオン非破壊分析の展望

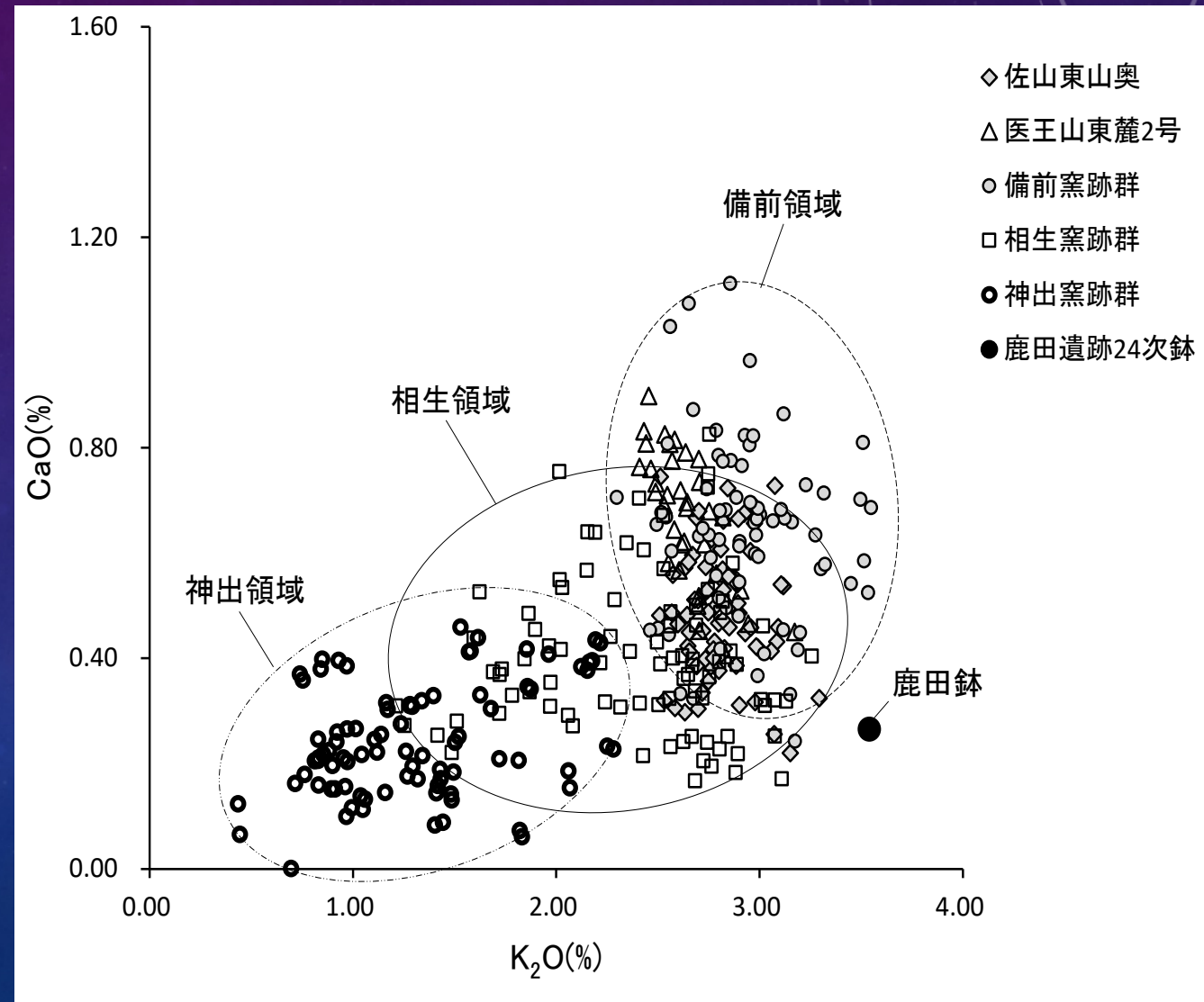
(2) 今後の課題

①測定数

Ex: 土器の胎土分析

一つの産地の特徴を抽出するには、30点程度の分析が必要

→測定時間を如何に短縮できるか？

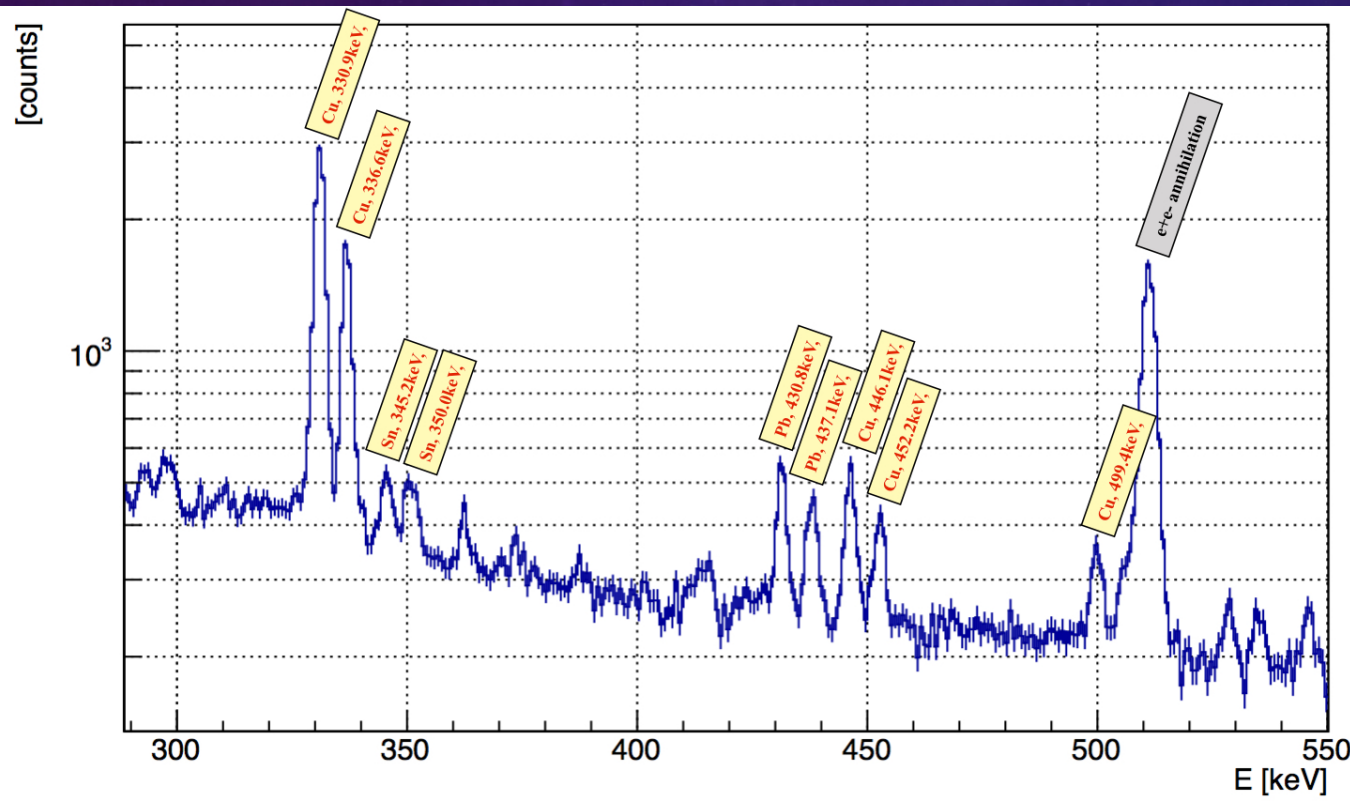


4. ミューオン非破壊分析の展望

(2) 今後の課題

②これまでの分析結果との比較

ミューオン非破壊分析結果を、蛍光X線分析など分析結果と比較できるか？



成分(%)			
Cu(銅)	Sn(錫)	Pb(鉛)	合計
65.4	23.5	4.69	94.9
66.80	24.00	5.28	97.23
70.4	21.8	4.01	97.1
72.2	20.8	3.74	98.0
72.9	22.2	2.43	98.5
64.9	25.7	3.62	95.5
62.1	25.8	3.68	92.7
73.6	21.6	2.40	98.8
69.3	24.0	2.71	98.1
70.39	23.25	5.35	99.69

Remains	Excavated area	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₂	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Fukuro	Three layers of C point	62.938	0.000	3.317	10.025	0.194	22.461	0.004	0.907	0.002	0.044
Shikata1	1st investigation	67.770	0.004	2.632	6.280	0.084	22.709	0.012	0.241	0.032	0.052
Shikata2	2nd investigation	66.346	0.034	3.320	7.519	0.078	22.345	0.012	0.000	0.025	0.045
Shikata3	9th・11st investigation	67.670	0.015	2.905	6.522	0.089	22.411	0.006	0.000	0.024	0.047
Shikata4	9th・11st investigation	64.584	0.022	4.381	8.193	0.137	22.405	0.003	0.000	0.005	0.041
Shikata5	9th・11st investigation	65.963	0.027	3.779	7.363	0.137	22.504	0.000	0.000	0.000	0.046
Shikata6	9th・11st investigation	66.378	0.012	3.835	6.080	0.089	23.226	0.009	0.000	0.030	0.041
Shikata7	5th investigation	34.252	1.758	24.262	16.574	0.220	22.363	0.229	0.097	0.010	0.023

4. ミューオン非破壊分析の展望

(2) 今後の課題

③ 資料保管・実験環境

Ex: 国指定文化財→移動・保管に対するリスク

- 資料の設置方法
- 移動は専門業者への委託
- 温湿度管理できる収蔵庫
- セキュリティー
- 所蔵機関、もしくは他機関の専門家による資料の取り扱い