

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24652155

研究課題名(和文)古代鉄試料の放射性炭素年代測定のための試料調製法の簡便化

研究課題名(英文)A modification of preparation method of ancient iron artifacts for radiocarbon dating

研究代表者

中村 俊夫(Nakamura, Toshio)

名古屋大学・年代測定総合研究センター・教授

研究者番号：10135387

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：古代鉄製品の製作年代は、鉄中に残存する、製鉄や精錬に用いられた木炭起源炭素の14C年代測定から求まる。本研究では、鉄中炭素の抽出方法について検討した。これまで高周波加熱炉を用いて炭素回収を行ってきたが、新たな方法として、石英管封管法による鉄中炭素の抽出法を検討した。削り状の金属鉄については、鉄試料と助燃剤酸化銅の重量比を0.2以下にすることで、95%以上の炭素収率が達成できた。また、古代遺跡から回収される機会が多い鉄サビから抽出される炭素を用いて鉄の作成年代を推定する方法を検討した。鉄サビの14C年代測定が可能になれば、古代の製鉄や鉄の利用に関する研究が飛躍的に発展するものと期待される。

研究成果の概要(英文)：The age of ancient iron artifacts can be measured by using carbon contained in the iron artifacts. A RF furnace has been used to melt and oxidize the iron artifacts and to extract carbon from them in a form of CO₂. As another method, quartz tube is used for metal iron combustion at the temperature of 1000 °C for about 15 hours. We tested the quartz tube method of metal iron combustion successfully for metal iron in a fine flake condition. Almost 95% recovery was attained when metal iron weight is less than 15% of CuO used as an oxidizer.

In Japan, iron rust samples are commonly excavated from archeological sites of the Kofun period and after. We have tested to collect carbon from iron rust samples successfully by the quartz tube method of iron-rust combustion at 850 °C for 3 hr. 14C ages were obtained for modern rusty nail samples as 2949-3244 BP. The results suggested a possibility of modern carbon contamination in considerable amount during rust process of metal iron.

研究分野：文化財科学

キーワード：古代鉄の年代測定 放射性炭素年代測定 加速器質量分析 石英管封管燃焼法 高周波加熱炉法 炭素抽出 炭素回収率 鉄サビの年代測定

1. 研究開始当初の背景

古代の鉄製品の製作年代は、鉄中に残存する、製鉄や精錬に用いられた木炭起源の炭素についての放射性炭素 (^{14}C) 年代測定の結果から推定されている。古代の製鉄は、砂鉄や鉄鉱石などの酸化鉄を、木炭の燃焼により高温にして、C や CO により、鉄に結合している酸素を分離して還元する方法で行われた。製鉄では、たくさん木炭を消費することから、炭焼きにより作られた木炭はほとんど直ぐに使用される。従って、古代の鉄製品中に残っている炭素は、製鉄や鉄製品を製作する際に用いられた木炭の残留物と考えられ、残留炭素を抽出し、 ^{14}C 年代測定を行うことで製鉄や鉄製品製作が行われた時期を推定することが出来る (Cresswell 1992; Nakamura et al. 1995; 小野ほか 1998)。

まず、この鉄中炭素の抽出方法について検討する。これまで高周波加熱炉を用いて、金属鉄中の炭素を二酸化炭素として回収することが一般的に行われてきた (Nakamura et al. 1995; 小野ほか 1998; 近藤・中村 2012) が、別な簡便な方法として、石英管封管燃焼法による鉄中炭素の抽出法 (Huls et al. 2004; Cook et al. 2001) が導入されつつある。本研究では、この方法による鉄中の炭素を回収を検討する。また、古代遺跡で遺物として発掘されることが多い鉄サビから抽出される炭素を用いて鉄の作成年代を推定する方法に注目して、鉄サビから炭素を抽出する方法を検討する。鉄サビについて、 ^{14}C 年代測定が可能になれば、古代の製鉄や鉄の利用に関する研究が飛躍的に発展するものと期待される。

2. 研究の目的

加速器質量分析による ^{14}C 年代測定法により、鉄器に含まれる炭素を用いて鉄器の製作年代を推定することができる。申請者らは、鉄の年代測定のための試料調製について、操作に時間を要するが完全に鉄試料を溶解する温度まで加熱して含有炭素を抽出できる調製装置を所持して使用している。本研究では、別途に簡便な炭素抽出法の開発を目指す。これまでの方法と、結果を比較しつつ、簡便法の完成を行うことができる。具体的には石英管に封じた鉄試料の加熱温度や加熱時間の設定、また一連の試料調製において発生する可能性のある外来炭素による汚染の有無や、有為な汚染がある場合にその除去方法の検討である。こうして開発した方法を、実際の古代鉄試料に適用してその有効性を確かめる。さらに、錆びた鉄試料にこの抽出法を適用して、錆びた鉄試料の ^{14}C 年代測定の有効性を確かめる。

3. 研究の方法

(1) 金属鉄からの炭素抽出

石英管に封管して鉄試料を燃焼して鉄中の炭素を CO_2 として回収する際の加熱温度として、Huls et al. (2004) や Cook et al. (2001)

は石英の軟化温度に近い 1000°C まで昇温させている。そこで、外径 9mm の石英管に前処理を終えた削り状の金属鉄を封入して加熱することにした。助燃剤の酸化銅は、鉄試料の重量の 2 倍以上を用いて試験した。外径 9mm の石英管に直接鉄試料を入れて加熱すると、 1000°C の高温では鉄と石英が反応して、石英管にヒビが入って燃焼ガスが失われることが判明した。そこで、外径 6mm の石英管を inner tube として用いた。

表 1 金属鉄試料と炭素含有率

試料番号	炭素含有率 (%)
S55C	0.55
Fe501-938	3.04
Fe030-7	0.196
Fe501-676	0.169

表 2 金属鉄からの炭素抽出

試料番号	鉄試料 (g)	炭素回収量 (mg)	炭素回収率 (%)	鉄試料 / CuO
S55C-1	0.500	2.37	86	0.33
S55C-2	0.510	2.42	87	0.33
S55C-3	0.250	1.37	99	0.16
S55C-4	0.300	1.65	100	0.12
S55C-5	0.300	1.50	91	0.12
S55C-6	0.500	ガラスにヒビ		
S55C-7	0.500	2.59	94	0.22
S55C-8	0.490	2.53	94	0.22
Fe501-938-1	0.145	4.43	100	0.10
Fe501-938-2	0.121	3.70	101	0.08
Fe501-938-3	0.059	1.83	101	0.04
Fe030-7-1	1.040	1.52	75	0.49
Fe030-7-2	1.010	1.51	76	0.50
Fe030-7-3	0.630	1.11	90	0.30
Fe030-7-4	0.700	1.28	93	0.28
Fe030-7-5	0.700	1.27	93	0.28
Fe030-7-6	0.700	1.25	91	0.28
Fe030-7-7	0.690	1.28	95	0.28
Fe030-7-8	0.700	1.26	92	0.28
Fe501-676-1	0.995	石英管破		0.47
Fe501-676-2	0.995	1.49	89	0.50
Fe501-676-3	1.990	石英管破		0.67

今回用いた鉄試料とその炭素含有率を表 1

に示す。上記の4種類の鉄試料について、試料鉄を同量用いて再現性をみることにし、また鉄試料の量を変えて回収率の変化をみることにした(表2)。試料鉄と助燃剤酸化銅を入れて石英管を封じきったあと、全ての試料について1000°Cで15時間加熱した。

燃焼ガス中のCO₂精製・回収は、通常の木炭・木片等の試料の場合と全く同様に行った(中村2001)。得られたCO₂の回収率を表2に示す。

(2) サビ鉄からの炭素抽出

表3 サビ鉄からの炭素抽出

番号	試料番号	材料	サビ鉄重量(mg)	加熱条件と炭素回収量	炭素回収率(%)
1	RAS-Fe-1	木炭	木炭 : 5.88	500°C, 4時間 回収 : 4.47mgC	76.2 %
2	RAS-Fe-2-1	製鉄炉跡の鉄サビ	1046.92	900°C, 8時間 加熱中破裂	--
3	RAS-Fe-2-2	製鉄炉跡の鉄サビ	1038.82	850°C, 3時間 加熱中破裂	--
4	RAS-Fe-3-1	製鉄炉跡の鉄サビ	527.85	900°C, 8時間 加熱中破裂	--
5	RAS-Fe-3-2	製鉄炉跡の鉄サビ	476.72	850°C, 3時間 回収 : 22.23mgC	4.7%
6	RAS-Nail-1	サビた鉄釘	1744.98	900°C, 8時間 回収 : 0.93mgC	0.05 %
7	RAS-Nail-2	サビた鉄釘	1716.44	850°C, 3時間 回収 : 3.01mgC	0.18 %
8	RAS-Nail-B1-1	サビた鉄釘	289.31	900°C, 8時間 加熱中破裂	--
9	RAS-Nail-B1-2	サビた鉄釘	183.73	850°C, 3時間 回収 : 0.95mgC	0.52 %
10	RAS-Nail-B2	サビた鉄釘	147.62	900°C, 8時間 加熱中破裂	--

表3に示した、サビた鉄試料につき、文化財資料として保存剤が使われている可能性があることから、保存剤の除去のためにアセトンに浸して超音波洗浄を繰り返した。特に、製鉄炉跡のさび鉄については、炉跡の土壌が鉄塊に付着していたため、超音波洗浄を多数回おこなって、付着土壌を可能な限り除去した。

RAS-Fe-2 及び RAS-Fe-3 試料については、

サビた鉄塊の小片をそれぞれ2つに分けて、線状酸化銅の約500mgと共に石英管に入れ、真空中に排気して封じきった。長さ5cmの鉄釘試料(RAS-Nail-1, -2)については、長さ5cm、外径6mmの小型石英管に入れ、それを、線状酸化銅と共に石英管に入れ、真空封管した。鉄釘試料RAS-Nail-B1, -B2については、カッターナイフを用いてサビた部分を削り落として用いた。最終的に加熱燃焼処理を行った鉄サビの重量を表3に示す。少ないもので150mg、多いもので1700mg程度であった。

石英管に封管した鉄サビ試料から二酸化炭素を回収するために、5個の試料につき、電気炉に入れて900°Cで8時間加熱したところ、隣り合う4個(表3のRAS-Fe-2-1, RAS-Fe-3-1, RAS-Nail-B1-1 およびRAS-Nail-B2)は加熱により破裂してしまった。最左に位置した試料(RAS-Nail-1)のみが破裂を免れた。破裂したどの試料かで、加熱してできたガスの圧力に耐えきれず破裂し、他の3個は、その連鎖で破裂したが、電気炉内の最左に位置した試料のみが連鎖に耐えたものと考えられる。その後は、加熱条件については、温度を下げ(900°Cから850°Cに)、加熱時間を短く(8時間から3時間へ)設定した。しかし、RAS-Fe-2-2では、加熱条件を850°Cで3時間としても、加熱中に石英管の破裂が起きた。内容量を減らすしかない。

(3) グラファイトの合成と炭素同位体比測定

破裂を免れた試料については、ガラス製の真空精製分離装置を用いて燃焼ガス中の二酸化炭素を回収した。次に、試料から回収された二酸化炭素(炭素にして0.9mg~1.5mg)を3mgの鉄粉、適量の水素ガスと共に石英ガラスに封入し、鉄粉部を620°Cに加熱して二酸化炭素をグラファイト粉末に変換した(中村2001)。これをアルミニウム製のターゲットカソードに圧縮封入して、これを名古屋大学のタンデトロン加速器質量分析(AMS)装置を用いて炭素同位体比を測定した(中村2001)。

4. 研究成果

(1) 金属鉄の¹⁴C年代測定実験とその成果
細かく刻んだ削り状の金属鉄については、封管法により金属鉄中に含まれる炭素をCO₂としてほぼ全量回収できることを確認できた。

表2に、CO₂の回収量(炭素に換算して示す)、鉄試料の炭素含有率から算出される炭素回収率、鉄試料の重量と酸化銅助燃剤の比の値を示す。約1.5gの酸化銅に対して、用いられる鉄試料の量が0.25g以下の場合、炭素の回収率はほぼ100%となっている。鉄試料と助燃剤(酸化銅:CuO)の比に対する炭素回収率の変動を図1に示す。この比が0.2以下になるように鉄試料と助燃剤の混合比を選べば、炭素回収率は、ほぼ95%以上にな

ると予想される。

表 4 金属鉄の ^{14}C 年代測定結果

試料番号	$\delta^{13}\text{C}$	^{14}C Age (BP)	Lab code NUTA2-
S55C-1	-24.8	36699±213	19576
S55C-2	-24.7	38814±263	19577
S55C-3	-25.6	36031±219	19578
S55C-4	-24.0	40677±197	23139
S55C-5	-24.4	39576±181	23140
S55C-6		ガラスにヒビ割れ	
S55C-7	-25.6	41981±243	23141
S55C-8	-24.0	42304±238	23142
Fe501-93 8-1	-26.4	49147±789	19702
Fe501-93 8-2	-25.8	45030±490	19703
Fe501-93 8-3	-25.6	42790±383	19704
Fe030-7- 1	-21.6	30325±114	20604
Fe030-7- 2	-21.9	30786±119	20605
Fe030-7- 3	-22.6	28727±107	20606
Fe030-7- 4	-24.7	30634±96	23133
Fe030-7- 5	-24.4	30473±94	23134
Fe030-7- 6	-24.5	30948±99	23135
Fe030-7- 7	-25.4	31098±103	23136
Fe030-7- 8	-24.4	31050±100	23138
Fe501-67 6-1		石英管破損	
Fe501-67 6-2	-27.1	29016 ± 113	21411
Fe501-67 6-3		石英管破損	

試料鉄から得られた CO_2 につき、通常の方法でグラファイトを作製し、その ^{14}C 濃度(見かけの年代)を測定した(中村 2001)。その結果を表 4 に示す。AMS 装置を用いて測定された炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) の値は -22 ~ -27‰ の間にあり、通常の木炭の値と調和的である。得られた ^{14}C 年代は、同一の試料ではほぼ一致しているが、個々の金属鉄試料で、若干の違いが見られる。一方、 ^{14}C 年代については、Fe030-7 および Fe501-676 試料が約 30,000BP、S55C および Fe501-938 が約 40,000 ~ 45,000 BP となる。同一の試料ではほぼ一致していることから、この結果は、試料調製過程の汚染ではなく、むしろ、製鉄段階における現代炭素混入の程度が、製鉄された場所によって異なるためであると考えられる。

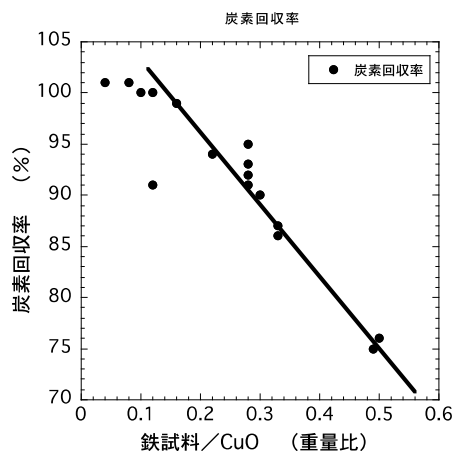


図 1 金属鉄からの炭素回収率と鉄試料と酸化銅の重量比の関係

(2) 鉄サビの ^{14}C 年代測定実験とその成果
鉄サビについては、二酸化炭素を回収するための加熱処理において封じた石英ガラス管が破裂することが多いが、封管法により鉄サビ中に含まれる炭素を CO_2 として回収できることを確認できた。元の炭素含有量が不明なため、正確な回収率は不明である。

表 5 サビ鉄からの炭素回収率、回収炭素の炭素安定同位体比と ^{14}C 年代

番号	試料番号	炭素回収率 (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)* by AMS	^{14}C 年代 (BP) (^{14}C 濃度: pMC)	Lab-code # (NUTA2-)
1	RAS-Fe-1	76.2 %	-22.9±1.0	312±25	21410
2	RAS-Fe-2-1	--	--	--	
3	RAS-Fe-2-2	--	--	--	
4	RAS-Fe-3-1	--	--	--	
5	RAS-Fe-3-2	4.7%	-26.7±1.0	524±25	21409
6	RAS-Nai-1-1	0.05 %	-15.4±1.0	2949±24 (69.3±0.2)	21156
7	RAS-Nai-1-2	0.18 %	-22.3±1.0	3244±27 (66.8±0.2)	21215
8	RAS-Nai-1-B1-1	--	--	--	
9	RAS-Nai-1-B1-2	0.52 %	-20.7±1.0	2991±29 (68.9±0.2)	21214
10	RAS-Nai-1-B2	--	--	--	

*) $\delta^{13}\text{C} = [(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}})_{\text{sample}} / (\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}})_{\text{PDB}} - 1.0] \times 1000$ (‰), ここで, PDB は Pee Dee Belemnite の略記で炭酸カルシウムからなる矢石類の化石

であり、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比の標準体として用いられる。

表3に CO_2 の回収量(炭素に換算して示す)、炭素回収率(炭素回収量を鉄サビの重量で除した数値を%で示した)表3に示すように、4個の試料が加熱中に破裂したため、二酸化炭素の回収の事例が少ないが、4個の鉄サビ試料から、AMSによる ^{14}C 分析で通常必要とされる1mg程度以上の炭素が回収できることが確認できた。

表5に ^{14}C 年代測定結果を示す。 ^{14}C 年代測定ができたRAS-Fe-3-2は、佐賀市の製鉄遺跡から回収された鉄サビ群の一部である。幕末の佐賀藩では、1850年に築地反射炉が、1853年には多布施反射炉が着工された。佐賀市では、現在、これらの反射炉遺跡を世界遺産に登録するよう働きかけを進めている。

製鉄遺跡から回収された鉄サビ群に混入していた木炭は 312 ± 25 BP、鉄サビは 524 ± 25 BPの ^{14}C 年代を示した。一方、佐賀藩の反射炉の設置は1850年以降のことであり、木炭も鉄サビも古すぎる。また、反射炉の操業では、木炭ではなく、石炭が使われていたと考えられることから、これらの年代値の解釈は簡単ではない。

一方現代でも使われている鉄釘のサビ試料については、長さ5cmの丸釘と長さ15cmの四角釘の両方について、 ^{14}C 年代が得られた。前者の丸釘RAS-Nail-1とRAS-Nail-2は、 ^{14}C 年代として 2949 ± 24 BPおよび 3244 ± 27 BPが得られている。後者の四角釘RAS-Nail-B1-2では、 2991 ± 29 BPが得られている。これらの鉄サビ試料の起源となる現代の鉄釘は、石炭を用いて近代溶鉱炉において製鉄された鉄を起源としており、鉄釘に元々含まれていた炭素は ^{14}C を含まない、いわゆる“dead carbon”と考えられる。鉄釘が大気中に放置された間に進んだサビ化において、 ^{14}C を含む、恐らく現代の炭素が鉄サビ中に付加され、平均的に見かけ上 $2949 \sim 3244$ BPに相当する ^{14}C 濃度(66.8~69.3 pMC(注1を参照のこと))に落ち着いたものと解釈される。“dead carbon”に現代炭素をまぜて、見かけ上この年代を得るためには、現代炭素が約70%近く混入したことに相当する。また、おそらく取り込んだ大気中の二酸化炭素の炭素安定同位体比(-7‰)の影響を受けて、 $\delta^{13}\text{C}$ が-15.4~-22.3‰と、通常の石炭の値(-25~-30‰)と比較して大きい方にシフトしている。このような結果から、サビ鉄の正確な年代測定は、困難であると推察される。

(3) 鉄試料の ^{14}C 年代測定に関する実験的研究のまとめ

金属鉄の ^{14}C 年代測定実験とその成果のまとめ

今回実施した金属鉄試料に含まれる炭素の抽出実験の結果、及び今後の検討課題として、以下の点が明らかとなった。

(a) 封管法で鉄試料中の炭素が抽出できる。

(炭素回収率：75%~100%)

(b) 鉄試料の量が少ないほど、炭素回収率は高い(鉄試料と助燃剤の重量比が0.2以下の場合には炭素回収率は95%に達する)。

(c) 表面積/体積の比の高い微粒子や削り状では、鉄中炭素の回収が高いことが明らかとなった。今後、この比が低い鉄塊試料の場合をテストする必要がある。

鉄サビの ^{14}C 年代測定実験とその成果のまとめ

今回の実験の結果として、鉄サビから回収された二酸化炭素につき、AMS ^{14}C 測定をおこない、 $\delta^{13}\text{C}$ および ^{14}C 年代を得た。この結果、以下のことがまとめられる。

(a) 江戸末期の製鉄炉跡(佐賀市の反射炉遺跡)から回収された鉄サビ群中の木炭と鉄サビの ^{14}C 年代を得た。製鉄炉の操業に木炭を使ったとしても、得られた ^{14}C 年代値は古すぎる。また、石炭を使った炉としては、新しすぎる。出自の明白な試料を選ぶ必要がある。

(b) 3点の錆びた鉄釘から回収された炭素の ^{14}C 年代を測定した。測定結果は、鉄サビ中の炭素として、元来“dead carbon”であったものが、見かけの ^{14}C 年代 $2949 \sim 3244$ BPを示した。これは、現代炭素が約70%混入していることに相当する。

(c) 今後、年代が既知の古代鉄のサビをこの方法で分析することにより、サビによる鉄の製造年代推定の確からしさを検討する予定であるが、今回の実験結果が示す予想では、サビの発生プロセスにおいて鉄試料の外界からの炭素の混入が予想される。

注1) ^{14}C 濃度を示す単位としてよく用いられる「pMC」は、試料の ^{14}C 濃度を標準初期 ^{14}C 濃度で除して100倍したものであり、percent modern carbon (pMC)の単位で示される。200pMCは、 ^{14}C 濃度が標準初期 ^{14}C 濃度の2倍であることを示す。

引用文献

- Cook A.C., Wadsworth J., Southon J.R. (2001) AMS radio carbon dating of ancient iron artifacts: a new carbon extraction method in use at LLNL. Radiocarbon 43 (2A):221-7.
- Cresswell R.G. (1992) Radiocarbon dating of iron artifacts. Radiocarbon 34(3): 898-905.
- Enami H., Nakamura T., Oda H., Yamada T., Tsukamoto T. (2004) AMS ^{14}C dating of iron artifacts: development and application. Radiocarbon 46(1): 219-230.
- Huls C.M., Grootes P.M., Nadeau M.J., Bruhn F., Hasselberg P., Erlenkeuser H. (2004) AMS radiocarbon dating of iron artifacts. Nucl. Instru. and Meth. B 223-224: 709-715.
- Igaki K., Nakamura T., Hirasawa M., Kato M., Sano M. (1994) Radiocarbon dating study of ancient iron artifacts with accelerator mass spectrometry. Proceedings of the

Japan Academy 70 (B): 4-9.
近藤宏樹・中村俊夫 (2012) 加速器質量分析計を用いた鉄製遺物の¹⁴C年代測定に関する基礎研究. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XXIII: 97-118.
Nakamura T., Hirasawa M., Igaki K. (1995) AMS Radiocarbon dating of ancient oriental iron artifacts at Nagoya University. Radiocarbon 37(2): 629-36.
中村俊夫 (2001) 放射性炭素年代測定と高精度化. 第四紀研究, 40(6): 445-459.
小野直俊・桑原 守・佐野正道・平出正孝・中村俊夫・小田寛貴・平沢政広 (1988) 古代鉄の製法技術に関する冶金学のおよび年代学的考察. 名古屋大学古川総合研究資料館報告. 14: 27-35.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

中村俊夫, 太田友子, 山田哲也, 鉄世品の放射性炭素年代測定と試料調製, 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, 査読無, XXIV, 2013, pp.187-191
中村俊夫, 太田友子, 山田哲也, 鉄サビの放射性炭素年代測定のための基礎実験, 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, 査読無, XXV, 2014, pp.156-163
中村俊夫, 太田友子, 山田哲也, 鉄サビの放射性炭素年代測定のための基礎実験 (II), 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, 査読無, XXVI, 2015, pp.150-155

〔学会発表〕(計 5 件)

近藤宏樹, 中村俊夫, 加速器質量分析計を用いた鉄製遺物¹⁴C年代測定に関する基礎研究, 日本文化財科学会大 29 回大会, 2012 年 6 月 23-24 日, 京都大学文学部
中村俊夫, 太田友子, 山田哲也, 鉄製品の放射性炭素年代測定と試料調製, 第 25 回名古屋大学年代測定総合研究センターシンポジウム, 2013 年 1 月 16-17 日, 名古屋大学野依記念学術交流館.
中村俊夫, 太田友子, 山田哲也, 鉄サビの放射性炭素年代測定のための基礎実験, 第 26 回名古屋大学年代測定総合研究センターシンポジウム, 2014 年 1 月 28-29 日, 名古屋大学環境総合館.
中村俊夫, ¹⁴C年代測定の最近の進歩, 第 53 回放射線科学研究会, 招待講演, 2014 年 4 月 18 日, 大阪市住友クラブ
中村俊夫, 太田友子, 山田哲也, 鉄サビの放射性炭素年代測定のための基礎実験 (II), 第 27 回名古屋大学年代測定総合研究センターシンポジウム, 2015 年 1 月 27-28 日, 名古屋大学野依記念学術交流館.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村俊夫 (NAKAMURA Toshio)
名古屋大学・年代測定総合研究センター・
教授
研究者番号: 10135387

(2) 研究分担者

山田 哲也 (YAMADA Tetsuya)
公益財団法人元興寺文化財研究所・保存科
学センター・研究員
研究者番号: 80261212

(3) 連携研究者

()

研究者番号: