

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 29日現在

機関番号：12606

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23800023

研究課題名（和文） 非破壊分析による火縄銃に用いられた材料と製造方法の解明

研究課題名（英文） Nondestructive study of raw materials and manufacturing techniques of Japanese matchlock guns

研究代表者

田中 眞奈子（TANAKA MANAKO）

東京芸術大学 社会連携センター 教育研究助手

研究者番号：70616375

研究成果の概要（和文）：

非破壊分析により、徳川家康の御用鍛冶である野田清堯製の火縄銃をはじめとする日本の火縄銃の分析を行い、製造方法や用いられている材料を解明すること、そして鉄文化財の非破壊分析法の向上に寄与することを目的に研究を行った。大型放射光施設 SPring-8 での高エネルギー蛍光 X 線分析により、非破壊で鉄試料に含まれる微量重元素を検出し、それらを指標に用いられている原料について考察した。また、高エネルギー X 線透過撮影を通して銃身の構造や製造方法を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

Raw materials and manufacturing techniques of Japanese matchlock guns have been investigated by nondestructive methods. Iron artifacts contain trace elements that originate from the raw materials, smelting process, refining process, and manufacturing process. Among such trace elements, heavy elements are much less abundant than most light elements and tend to reflect the characteristics of the raw materials. The compositions of trace heavy elements of Japanese matchlock guns, traditional Japanese steels, slags, iron sands, and iron ores are determined by synchrotron high-energy X-ray fluorescence analysis (SR-XRF). As a result, there is a possibility that heavy elements that are detected in iron artifacts can be used as an indicator for estimating their provenance. The internal structures of Japanese matchlock guns are investigated with synchrotron high-energy X-ray radiography. The inlaid works, the repaired areas, and the distribution of nonmetallic inclusions in the barrel are observed. The results of this study will contribute to the development of the nondestructive study of iron artifacts.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：文化財科学

キーワード：文化財、非破壊分析、火縄銃、放射光、重元素

1. 研究開始当初の背景

(1) 火縄銃は室町時代後期に日本へ伝来し、その後、約3世紀にわたり国内でも製造された貴重な文化財である。しかし、欧米の洋式銃（形式的には火打石式銃や管打式銃など）の普及により、明治時代に入り日本の火縄銃の生産は終わりを迎えた。銃身の原料には砂鉄を用いた日本古来のたたら製錬による鋼だけでなく、鉄鉱石由来の輸入鋼も使われていたと伝えられているが、材料科学的な研究は少なく不明な点が多い。また、火縄銃の銃身は鍛造品であるが、製造方法は鉄砲職人間の秘伝とされており、文献としては江戸時代に書かれた「大小御鉄砲張立製作」と「中嶋流砲術管窺録」の2史料があるのみで、これらも全体像を解き明かすために十分な史料とは言えず、製造技法については未だに不明な点が多い。

(2) 従来の火縄銃の研究では、文献史学のおよび型式学的な研究が多くなされてきたが、金属学的研究はほとんど行われていない。火縄銃銃身の非破壊分析を行った斉藤らの研究の他、実際に銃身や尾栓（ねじ）から試料を採取した破壊分析として、佐々木の研究、久保田らの研究および日本ねじ工業協会火縄銃ねじ類調査特別委員会の研究がある。

(3) 申請者は、大学院の博士研究として火縄銃の金属学的研究を行ってきた。博士研究では火縄銃試料の提供者から破壊分析の理解が得られたことから、銃身に用いられた鉄鋼材料や製造方法などを明らかにし火縄銃の金属学的基礎データを蓄積するために、火縄銃から断面試料を採取して破壊分析を行った。しかし、本来文化財の分析においては非破壊が大原則である。また、銅などの非鉄金属と違い、鉄はその金属学的特徴から非破壊分析では得られる情報が限られるため、非破壊分析手法の向上が求められている。

2. 研究の目的

本研究は、博士研究に続く火縄銃の金属学的研究の第2ステップとして、非破壊で火縄銃を分析し、銃身や装飾金属に用いられた材料および製造方法を解明すること、そして、非破壊分析で得られた結果と、破壊分析で得られた結果とを比較・検討することを目的としている。非破壊分析と破壊分析の両方を行い、日本の火縄銃に関する金属学的データを蓄積することで、最終的には鉄鋼文化財の非破壊分析手法の向上に寄与することを目的としている。研究試料としては、徳川ミュージアム所蔵の野田清堯製（徳川家康の御用鉄砲鍛冶）の5挺の火縄銃などを用いる。

3. 研究の方法

徳川ミュージアム所蔵の野田清堯製の5挺の火縄銃と、比較試料として個人蔵の火縄銃2挺などを研究試料として、銃身の鋼および銃身と銃床に施されている象嵌などの装飾金属を非破壊で分析する。研究に、以下の手法を用いる。

- (1) 光学顕微鏡…銃身の鋼および装飾金属の表面状態の観察
- (2) 赤外線写真…鋼に施された象嵌や装飾金属の構造確認
- (3) 携帯型蛍光X線分析装置…銃身表面および装飾金属の組成分析
- (4) 大型放射光施設「Spring-8」での高エネルギー蛍光X線分析…銃身表面および装飾金属に含まれる極微量元素分析
- (5) 大型放射光施設「Spring-8」での高エネルギーX線透過撮影…銃身および装飾金属の内部構造の観察

4. 研究成果

非破壊分析による火縄銃に用いられた材料および製造方法の解明に関して、以下のような成果を得た。

(1) 表面状態の観察：

徳川家康の御用鉄砲鍛冶、野田清堯製の火縄銃（5挺）の寸法計測、通常光撮影、赤外線撮影および光学顕微鏡観察を行った。状態観察から銃身に用いられている加工方法（象嵌などの金工技法）を明らかにし、また文献に記されていた情報と比較することで、施されている象嵌（文字）に関して新たな知見を得た。

(2) 携帯型蛍光X線分析装置での分析：

野田清堯製火縄銃（5挺）の銃身に用いられている鋼および装飾金属の組成を非破壊で分析した。装飾金属として、黄銅、青銅などの他に純度の高い金と銀が用いられていることが明らかになった。野田清堯の銃の希少性を材料面から証明する非常に意義深い結果が得られた。銃身の鋼の組成については、携帯型蛍光X線分析装置ではFe（鉄）以外に、原料（砂鉄もしくは鉄鉱石）の指標となり得る特徴的な元素は確認出来なかった。

(3) 大型放射光施設 SPpring-8 での高エネルギー蛍光X線分析：

野田清堯製火縄銃（5挺）の銃身表面と装飾金属および比較試料として、産地の異なる砂鉄と鉄鉱石の標準試料、それらを製錬して出来た鉄塊（鋳）、鉄滓および個人蔵の火縄銃

をはじめとした鉄文化財に含まれる微量重元素を定性分析した。重元素を指標に鉄原料の同定および産地推定が出来るか、また鉄の製錬・精錬工程および加工工程を経て、鉄原料に由来する重元素量にどの位変化がみられるかを確認した。SPring-8の高エネルギーX線(116KeV)を用いることで、非破壊で鉄試料に含まれる微量重元素をK線で検出することが出来た。砂鉄および鉄鉱石は、産地により含まれる微量重元素に違いがみられた。具体的には、砂鉄や鉄鉱石によってはRb(ルビジウム)、Zr(ジルコニウム)、Hf(ハフニウム)、La(ランタン)、Ce(セリウム)、Nd(ネオジウム)などを含むものが観察された。これらを指標とすることで、鉄原料(砂鉄、鉄鉱石)の同定や産地推定につながる可能性がある。一方、野田清堯製の火縄銃やいくつかの鉄製品からは、特徴的な重元素は検出されなかった。現在、得られたデータを解析中であるが、この結果は、製錬・精錬および製品化の過程で鉄原料に含まれる重元素の大部分が取り除かれた可能性も示唆している。今後、更にサンプル数を増やし、検証を行う必要がある。

(4) 大型放射光施設 SPpring-8での高エネルギーX線透過撮影：

野田清堯製の火縄銃(5挺)をはじめとした鉄文化財試料の透過像撮影を、116keVの高エネルギーX線を用いて行った。銃身の装飾金属部(黄銅、金、銀など)からは非常に綺麗な透過像を得ることが出来、それらから象嵌に用いられた金属の厚さや具体的な技法を明らかにすることが出来た。また、鋼による銃身の補修の跡である「埋鉄(うめがね)」の存在を明らかにした。銃身の製造方法を非破壊で解明するための指標となる、非金属介在物の分布と思われる部分も一部で確認された。

(5) まとめ

本研究(非破壊分析)で得られた結果と、以前の破壊分析で得られた結果の比較・検証を通して、放射光を用いることで、非破壊分析でも、文化財の製造方法や用いられている材料に関して新たな知見を得ることが出来ることを確認した。本研究は、放射光を用いて鉄文化財を非破壊で分析した初の事例であり、今後さらに研究を深化することで、非破壊での鉄文化財解析手法の確立につながる可能性がある。また、今回得た非破壊分析による火縄銃の製造方法と材料に関する基礎データを、今後も蓄積していくことで、貴重な文化財である火縄銃の保存や修復においても活用出来る可能性がある。

(6) 今後の展望

大型放射光施設 Spring-8での実験時間が限られていたこともあり、火縄銃の比較試料である鉄鉱石の分析サンプル数がまだ十分ではない。今後、引き続き国内外の鉄鉱石の標準試料の高エネルギー蛍光X線分析を行い、重元素を指標とした鉄原料(砂鉄、鉄鉱石)の同定および産地推定について更に検証を行う必要がある。高エネルギーX線透過撮影については、鉄標準試料などを用いて、非金属介在物の配列などに関してどのような透過像が得られるのか引き続き検証を行う予定である。本研究では野田清堯製の火縄銃(5挺)に焦点をあてて研究を行ったが、今後分析事例を増やし基礎データを積み上げることで、更に多くの知見が得られることが期待される。

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2件)

- ① 田中真奈子、北田正弘、江戸元禄時代に国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の金属組織、日本金属学会誌、査読有り、76巻第8号(2012)、pp.489-495.
- ② 田中真奈子、北田正弘、江戸時代の火縄銃および管打銃の装飾金属と銃床に使用された材料の分析、東京芸術大学美術学部論叢、査読有り、第8号(2012)、pp.17-29.

〔学会発表〕(計7件)

- ① 田中真奈子、永田和宏、宮廻正明、山末英嗣、伊藤真義、高エネルギー蛍光X線分析による鉄文化財に用いられた材料の解明(1)産地の異なる砂鉄中の微量重元素測定、日本鉄鋼協会第165回大会(春季)、東京、2013年3月28日.
- ② Manako Tanaka and Masahiro Kitada、Composition and Microstructure of Nonmetallic Inclusions in Japanese Matchlock Gun Fabricated in the Edo Period、日本鉄鋼協会第164回大会(秋期)国際セッション、愛媛、2012年9月17日.
- ③ 田中真奈子、北田正弘、江戸・元禄時代に国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の金属組織、日本鉄鋼協会環境・エネルギー・社会工学部会「鉄の技術と歴史」フォーラム第17回公開研究発表会、千葉、2012年7月21日.
- ④ 田中真奈子、北田正弘、江戸・元禄時代に国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の非金属介在物、日本金属学会第150回大会(春期)、神奈川、2012年3月28日.

- ⑤ 田中真奈子、北田正弘、元禄時代に国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の金属組織学的研究、日本銃砲史学会、東京、2011年12月10日。
- ⑥ Manako Tanaka and Masahiro Kitada : Metallurgical microstructure of Japanese matchlock gun fabricated by the Kunitomo manufacturer in the Edo period、日本鉄鋼協会第162回大会(秋期)国際セッション、大阪、2011年9月22日。
- ⑦ 田中真奈子、北田正弘、元禄時代に国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の金属組織と非金属介在物、文化財保存修復学会第33回大会、奈良、2011年6月5日。

[図書] (計1件)

- ① 田中真奈子他(宇田川武久監修)、日本銃砲史(仮)、雄山閣、第3章 日本の鉄砲(火縄銃)と管打銃に用いられた鋼の金属組織－製作方法と原料についての考察－の執筆、pp.205-227(2013年7月出版予定)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 真奈子 (TANAKA MANAKO)
東京芸術大学・社会連携センター・教育
研究助手
研究者番号：70616375

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：