

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 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：2014～2015

課題番号：26882021

研究課題名(和文) 室町末期から江戸時代の鎧に用いられる鉄鋼材料と和鉄の性質

研究課題名(英文) The characteristics of the Japanese iron and steel used for the armors from the end of the Muromachi to the Edo period

## 研究代表者

塩出 奈都子(釘屋奈都子)(Shiode, Natsuko)

東京藝術大学・大学院美術研究科・専門研究員

研究者番号：30739074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：鎧に用いられる鎖鋼線と鎧鋼板を研究対象とした。鎖鋼線に使われる線材は、鍛造及びダイス引きにより製造していることが考えられる。特にダイス引きをする場合、材料である和鉄の延性は、重要な要素となると考える。そこで、本研究では、まず、和鉄の延性に関する調査を行い、和鉄の性質の一端を明らかにした。また、鋼板については、佐賀城天守台出土鎧片の貴重な資料を入手することができた。鎧に使用される鋼板の材料と製作方法を明らかにし、鎧鋼板の材料選定や製作方法と強度を調べるための基礎データを得た。

研究成果の概要(英文)：The steel ring and sheet used for the Japanese armor have been investigated. The steel wire used for the kusari chain is manufactured by forging or drawing with a die. In case of a die, the ductility of Japanese steel produced by Tataru Japanese smelting technique becomes an essential factor. In this study, the ductility of Japanese steel has been investigated to clarify its characteristics compared with the modern steel product. As for the iron and steel sheet, the parts of armor excavated from the main tenshu building of the Saga castle has provided as valuable specimen. The materials and manufacturing techniques of those sheets have been clarified, and the fundamental data was acquired in order to examine the relationship between the materials, manufacturing technique, and its strength of the iron and steel sheets used for the Japanese armor.

研究分野：文化財科学

キーワード：文化財 鉄鋼 鎧 和鉄

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 弥生時代以来、我が国において鉄鋼は国の体制を支配する武具・道具として極めて重要な位置を占めてきた。中でも、本研究では鎧に用いられた鉄鋼を対象とした。鉄鋼を用いた鎧は古墳時代にはすでに存在し、それ以降、歴史的背景や戦闘方法を反映して、形態や製造方法などが変遷してきた。これまで、鎧に関する研究は、歴史学・美術工芸史学的研究が中心で、用いられた材料や製造方法、加工方法に関しては十分な検討がなされておらず、不明な点が多い。

(2) 日本古来の製鉄方法は、砂鉄を木炭で還元する「たたら製鉄」であり、「玉鋼」や「包丁鉄」などと呼ばれる「和鉄」が製造された。和鉄は、日本刀を始め、火縄銃などの武器や鎧などの武具、釘、農耕具、鉄瓶などの道具に幅広く用いられてきた。和鉄は原料や製造方法が現代製鉄とは異なり、現代鉄鋼とは性質を異にするものであり、材料として不明な点が多い。

(3) 申請者は、大学院の博士研究において、室町時代から江戸時代の鎧の形式である当世具足に用いられた鋼板・鋼線の材料科学的調査を行い、材料や製造方法に関して明らかにしてきた。鎧に用いられる鎖鋼線は、低炭素鋼を用いて1mmφまで延ばされていることが明らかになった。また、小札鋼板に関しては、炭素濃度の異なる鉄鋼が用いられ1mm程度の鋼板を整形した後、湾曲されていることが明らかになった。

## 2. 研究の目的

### (1) 和鉄の延性に関する調査

鎧に用いられた鎖鋼線のような1mmφの線材は、鍛造及びダイス引きにより製造していることが考えられる。特にダイス引きをする場合、和鉄の延性は、重要な要素となると考える。そこで、本研究では、まず、和鉄の延性に関する調査を行い、和鉄の性質を明らかにする。

### (2) 鋼板の強度に関する調査

鋼板については、佐賀城天守台出土鎧片の貴重な資料を入手することができた。これらは、断面形状の異なる鎧鋼板である。再現実

験を含め、鎧鋼板の材料選定や製作方法と強度を調べるため、本研究ではその前段階として、佐賀城天守台出土鎧片の鉄鋼材料と製作方法を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

和鉄の延性に関する調査では、和鉄で作られたことが考えられる鑿資料を使用した(図1)。また、鋼板の強度に関する調査では、佐賀城天守台出土鎧片2種(小札、筏札)(図2、3)を資料とした。

金属組織試験は、試料を切り出し、観察部位を研磨、2%ナイトール腐食後に金属組織を金属光学顕微鏡にて観察を行った。含有元素の定量分析は、ICP法と燃焼法にて行った。引張試験は、JIS Z 2241に準拠しおこなった。(島津製作所製オートグラフ AG-100kN-X、クロスヘッド速度：7mm/分、標点間距離：18mm)



図1 鑿資料の外観図



図2 小札資料の外観図



図3 筏札資料の外観図

## 4. 研究成果

### (1) 和鉄の延性に関する調査

鑿資料の含有元素を調べた結果、炭素濃度は1.09mass%であり高炭素鋼である。その他

Si, Mn, P, S, Cu を調べた結果、0.088, 0.02, 0.029, 0.011, 0.034 mass%である。日本古来のたたら製鉄により砂鉄と木炭を使用して作られた和鉄は、Si, Mn, S の値が現代鋼より低くなる特徴があり、以上の結果は、先行研究<sup>1)</sup>と比較するとやや値が高いが、その傾向を示すものであった。金属組織を観察した結果、パーライト組織及び、その炭化物が球状化した炭化物分散組織であった。また、金属組織は不均質であり、一部荒いパーライト組織を含む(図4)。和鉄は金属組織が不均質となることから、成分分析の結果とも合わせると、本資料は、たたら製鉄で作られた和鉄を用いて製作されていることが考えられる。

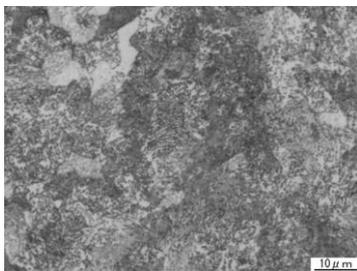


図4 鑿資料の断面組織

そこで、鑿資料の引張特性を2点測定したところ、引張強さは907N/mm<sup>2</sup>または787N/mm<sup>2</sup>であり、破断伸びは9%または18%である。引張特性について同様の金属組織を持つ現代鋼の値と比較したところ、引張強さについては、鑿資料の方が高く、破断伸びについては鑿資料の方が低い延性を示した<sup>2)</sup>。破断伸びは引張強さと相関があるとされており、鑿資料の延性は現代鋼と比べても大差はないことが分かった。

先行研究にて、火縄銃の銃身に用いられた鉄鋼は極低炭素鋼であり、フェライト組織が主体であり、引張強さを測定した結果、焼鈍後で引張強さ325MPa、破断伸びは10%程度である<sup>3)</sup>。これは、現代の極軟鋼の値<sup>4)</sup>より低い。今後は、和鉄の延性に関する測定数を増やし、和鉄の炭素濃度、含有元素、内部組織と延性の関係について詳細な検討を行いたい。その結果、鎖鋼線のような1mmφの線材を製造する上で、和鉄がダイス引きに適当な材料であったか検討することができる。

## (2) 鋼板の強度に関する調査

鎧の鋼板試料として、佐賀城天守台出土鎧

片2種の調査を行った。2種の板札は1mm程度の鋼板であり、断面形状が異なり、丸型と波型を示している。丸型の小札は、鎧の様々な部位で使われている。試料断面の金属組織観察を行ったところ、3層からなる(図5)。表側から1,3層は、フェライト組織からなり、標準組織との比較から炭素濃度は0.1mass%以下と推定される。2層目は、フェライト+パーライト組織であり、炭素濃度は0.3~0.4mass%と推定される。これは、他の鎧小札の有する金属組織と同様であり、炭素濃度の異なる鋼を使用して板材が作られていることが考えられる。

一方、波型の板札は筏札と呼ばれ、太ももを守る佩楯などに使われている。断面を観察すると、3層からなる(図6)。表側から1,3層は酸化して観察される。2層目にはフェライト組織が観察され、炭素濃度は0.1mass%以下であることが推定される。

結果、丸型の小札は、炭素濃度の異なる複数の層からなっている。一方、波型の筏札は、低炭素鋼が使われている。炭素濃度の異なる鉄鋼を選択している一因として、その形状が考えられる。今後は、以上の結果をもとに、炭素濃度、断面形状が異なる再現資料の製作も行いながら、鋼板の使われている鎧の部位、材料、形状、および強度の関係について検討してゆきたい。

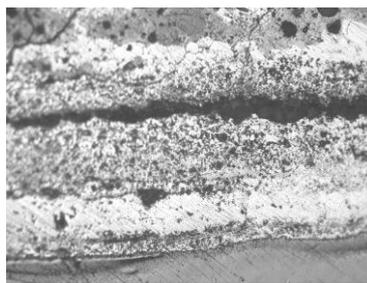


図5 小札資料の断面組織

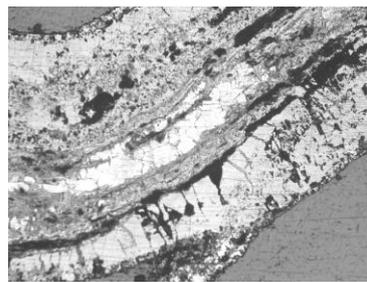


図6 筏札資料の断面組織

参考文献

- 1)一般社団法人 日本鉄鋼協会「鉄の技術と歴史」研究フォーラム編集委員会：遙かなる和鉄、慶友社、2006、p. 43-44
- 2) 山下、松崎、高城：鉄と鋼、Vol. 85、No. 6、1999、p. 60-65
- 3) 田中眞奈子：火縄銃に用いられた鋼の微細構造と腐食挙動に関する金属組織学的研究、2010、p. 7-28
- 4) 土木学会：新体系土木工学 37・構造用鋼材、1981、P. 24

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 1 件)

釘屋奈都子、永田和宏、北田正弘：室町時代末期から江戸時代の鎧に用いられた鎖の製作方法、鉄と鋼、Vol. 78、2014、No. 4、2014、pp. 149-158

[学会発表] (計 0 件)

[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：

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

塩出奈都子 (SHIODE NATSUKO)

東京藝術大学大学院 美術研究科

専門研究員

研究者番号：30739074

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：