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

田中眞奈子^{*1} 北田正弘^{*2}

東京芸術大学大学院美術研究科

J. Japan Inst. Metals, Vol. 76, No. 8 (2012), pp. 489–495
© 2012 The Japan Institute of Metals

Microstructure of Japanese Matchlock Gun Fabricated by a Kunitomo Gunsmith in the Edo Genroku Period

Manako Tanaka^{*1} and Masahiro Kitada^{*2}

Graduate School of Arts, Tokyo University of the Arts, Tokyo 110–8714

The microstructure and mechanical properties of the steel barrel of a Japanese matchlock gun fabricated by the gunsmith Kunitomo Tokudayuu in the Edo Genroku period have been investigated. The purpose of this work is to obtain modern materials-science data for a Japanese matchlock gun fabricated by a noted Kunitomo gunsmith and to study the manufacturing technique of the steel barrel. Specimens are cut from the center, the muzzle, and the screw of the barrel. The carbon concentration is determined by chemical analysis. The microstructure and nonmetallic inclusions of the specimens are observed with an optical microscope and a scanning electron microscope (SEM). To evaluate the hardness, Vickers hardness (Hv) is used. The inner structure of the screw is observed by X-ray radiography. The carbon concentration is 0.007 mass% in the center of the barrel and 0.07–0.3 mass% in the muzzle. The distribution of nonmetallic inclusions in the center of the barrel indicates that the barrel was fabricated by joining two long edges of a steel sheet, a technique that is called *Udonbari* (seamed steel pipe in Japanese). The muzzle was reinforced with steel having a higher carbon content than that of the center of the barrel by rolling the steel over the *Udonbari* barrel. The female screw of the barrel was made of clad steel. Both male and female screws of the barrel were made by a cutting technique.

(Received March 5, 2012; Accepted May 17, 2012; Published August 1, 2012)

Keywords: matchlock gun, steel, gunsmith, Kunitomo, Edo period, microstructure, nonmetallic inclusions

1. 緒 言

火縄銃は1543年の種子島への伝来以降急速に日本国内に普及し、国産化されるようになった。国産の火縄銃の生産地としては、近江の国友、和泉の堺および肥前の有馬が主要な産地として知られている。中でも近江の国友(現在の滋賀県長浜市国友町)は、戦国時代に織田信長、豊臣秀吉および徳川家康といった有力武将たちと関係を結びつつ発展を遂げ、鉄砲の生産における中心的役割を果たした。これらの武将たちからの鉄砲の大量発注により、最盛期には70余軒の鍛冶屋と500人を超す職人がいたと言われている¹⁾。江戸時代に入ると、国友は幕府の御用鍛冶となり²⁾、幕末の洋式銃の輸入とそれに伴う新技術の導入によりその使命を終えるまで、堺とともに日本最大の鉄砲製造地として繁栄した。

国友鉄砲鍛冶の銃の製造方法および銃身に用いられた鋼については、江戸時代に国友藤兵衛一貫斎が著した「大小御鉄砲張立製作」に記されている。これは、従来秘伝として口承で伝えられてきた鉄砲製作の方法を簡潔に記したものである。この中で、銃身に用いる鋼原料としては、出雲・播磨のものが良く、備中・備後は次、陸奥・仙台・安芸の広島はその次、等といった記載があり^{3,4)}、国友鉄砲鍛冶は銃身に用いる材料を厳選していたことがわかる。

著者らはこれまでに江戸時代の火縄銃および管打銃の金属組織学的研究結果について報告した^{5–7)}。本研究は、江戸時代の最大の鉄砲生産地であった国友の鉄砲鍛冶により元禄時代に製造された火縄銃銃身を試料として、銃身に用いられている鋼の金属組織および非金属介在物の分布を明らかにし、国産の火縄銃の製造方法についての新しい知見を得ることを、そして火縄銃の金属学的な基礎的データを蓄積することを目的としている。

2. 実 験 方 法

研究に用いた試料(北田正弘蔵)の製造者の銘をFig. 1に示す。赤外線写真撮影により確認したところ「江州國友徳太

^{*1} 東京芸術大学大学院生、現在：東京芸術大学社会連携センター(Graduate Student, Tokyo University of the Arts, Present address: Public Collaboration Center, Tokyo University of the Arts)

^{*2} 東京芸術大学名誉教授(Professor Emeritus, Tokyo University of the Arts)

夫 重當 百十九斤」と彫られていることが明らかになった。江州とは近江国の別称である。国友徳太夫については、国友源衛門家の所蔵する元禄 10 年 2 月 3 日に書かれた惣鍛冶連判状の中に署名があり、当時国友鉄砲鍛冶の若年寄の位にあった人物であることが確認された^{8,9)}。重當(重当)とは将軍から賜った銘で、「重ね當る」との意味であり²⁾、国友鍛冶一族のみが用いることが許されたという。百十九斤は、その位置から、鍛冶あるいは職人の印と推測される。以上の点から、本試料は江戸元禄時代に国友の鉄砲鍛冶、国友徳太夫によって製造された銃である。

試料は全長 86.5 cm であり、前報^{5,6)}で分析した火縄銃と比べ銃身が 14 cm ほど長い。一般に銃身が長いほど命中率が高くなるため、目的に応じて長さを決めるといわれている。

Fig. 1 Signature of the gunsmith, Kunitomo Tokudayuu.

Fig. 2(a)に示すように銃尾は雄ねじと雌ねじからなる尾栓で塞がれている。銃尾と銃口部の銃身の形状は、(a)と(b)で示すように八角形の角筒であるが、それ以外の領域では角筒の下半分が丸い円筒となっており、角筒と丸筒の中間的な形状をしている。筒の肉厚は雄ねじ部に近い銃尾と銃身中央部は 5 mm であるが、銃口方向にむかって徐々に薄くなり、銃口部の肉厚は 4 mm である。標的を狙うための照準具である目当ての形状は、筒先に近い先目当て(c)に示すような将棋頭、(d)に示す前目当てが千切り透(ちぎりすかし)と呼ばれる形状である。

銃身の中央部、銃口部および尾栓部の Fig. 2 の(e)~(k)で示す箇所から銃身片試料を切り取った。鉄の炭素量は化学分析により測定した。金属組織および非金属介在物の分布は光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。金属組織は研磨後、ナイトール腐食液($C_2H_5OH-5 \text{ vol}\% HNO_3$)でエッチングした。硬度はビッカース硬度計(荷重 2.94 N)を用いて測定した。尾栓の内部構造の観察には X 線透過法を用いた。撮影条件は管電圧 160 kV、管電流 2.2 mA で、様々な角度から尾栓の撮影を行った。

3. 結 果

3.1 金属組織と非金属介在物分布

3.1.1 銃身中央部

銃身中央部(Fig. 2(f))より 2 個の試料を採取し、化学分析により炭素濃度を測定した結果、いずれも 0.007 mass% の極低炭素鋼であった。続いて銃身中央部の金属組織を観察するために、銃身の長手方向に垂直な断面(Fig. 2(g))、平行な断面(Fig. 2(k))および表面近傍(Fig. 2(h))の組織を観察した。

まず、銃身中央部の長手方向に垂直な断面(Fig. 2(g))の代表的なマクロ組織を Fig. 3(a)に示す。前述のとおり、銃身中央部は角筒と丸筒が組み合わせられた形状をしている。垂直断面の組織は等軸フェライト組織からなり、結晶粒径はほ

Fig. 2 Japanese matchlock gun fabricated in the Edo Genroku period. (The property of M. Kitada, one of the authors.) (a) Male screw and female screw, (b) muzzle, (c) rear sight, (d) front sight, and (e)–(k) parts of the specimen taken from the steel barrel.

Fig. 3 (a) Cross-sectional optical micrograph of the steel barrel shown in Fig. 2(g). (b) Enlarged image of area b. (c) Enlarged image of area c. (d) Enlarged image of area d.

ば均一で、既報の江戸時代の火縄銃⁵⁾で観察されたような不均一なマクロ組織ではない。Fig. 3のマクロ像中の矩形bで示した部分の拡大像(b)で示すように、断面の大部分の等軸フェライト組織の公称粒径は $96\mu\text{m}$ (結晶粒径の範囲は約 $40\sim 200\mu\text{m}$)である。また、(b)の中にみられる黒色の粒状の部分は非金属介在物である。

一方、試料の垂直断面マクロ像の矩形cで示す管の右下部分には、拡大像(c)で示すように長方形の鋼片が嵌め込まれており、その周囲には隙間が観察される。製造時の素材の不均一性や銃の爆発の衝撃などによって損傷した部分の補修は頻繁に行われていたことが知られており、この長方形の領域は「埋鉄(うめがね)」と呼ばれる補修の跡¹⁰⁾と考えられる。拡大像(c)中の矩形dで示した部分の拡大像(d)が示すように、埋鉄部分の金属組織は等軸フェライト組織とパーライトからなり、等軸フェライト組織のみからなる他の部分とは異なっている。埋鉄の外表面近傍はパーライトが多いのに対して、内表面、すなわち銃身との接合部に近づくにつれパーライトの範囲が少なくなり、結晶粒径も大きくなる。標準組織¹¹⁾から推定した埋金部分の炭素量は約 $0.3\sim 0.4\text{ mass}\%$ で、他の領域より炭素濃度が高い。埋鉄には補修部の強度を高めるため、銃身より炭素量の高い鋼が用いられた可能性がある。埋鉄と接する銃身部の等軸フェライト組織は引き伸ばされた形状をしている。これは冷間加工によるもので、補修にあたり、埋鉄を嵌め込みやすいよう銃身部にも鑿などを用いた切削加工が施されている。

次に、銃身中央部の組織の均一性を調べるため、銃身の長手方向に平行な断面(Fig. 2(k))および表面近傍(Fig. 2(h))の組織を観察した。銃身中央部の銃身の長手方向に平

Fig. 4 (a) Cross-sectional optical micrograph in the longitudinal direction of the steel barrel shown in Fig. 2(k). (b) Enlarged image of area b.

行なマクロ金属組織をFig. 4(a)に示す。平行断面の結晶は、垂直断面と同様に均一で等軸フェライト組織からなる。結晶の公称粒径は、拡大した光学顕微鏡像(b)で示すように $78\mu\text{m}$ (結晶粒径の範囲は約 $40\sim 200\mu\text{m}$)である。銃身中央部の表面近傍の組織も観察したところ、同様の様子が観察された。以上のことから、銃身中央部は、埋鉄以外の領域は等

Fig. 5 (a) Distribution of nonmetallic inclusions in a cross section normal to the barrel shown in Fig. 2(g). (b) Enlarged image of area b. The arrow indicates the assumed welded area of the steel barrel.

軸フェライト組織からなる極低碳素鋼である。ただし、銃身中央部の金属組織からは、前報⁵⁾で報告した火縄銃でみられた双晶は観察されなかった。

上述のように、銃身中央部の等軸フェライト組織内部および結晶粒界近傍に、非金属介在物が観察された。非金属介在物の分布は銃の製造方法を示すため^{5,7)}、そのマクロ分布を調べた。銃身中央部の長手方向に垂直な断面 (Fig. 2(g)) の研磨状態のマクロ像を Fig. 5(a) に示す。本試料の非金属介在物は、これまでに分析した銃^{5,7)}の非金属介在物のマクロ分布と比較して、介在物が少ない。非金属介在物はほぼ同心円状に配列しているが、銃身上部の表面近傍では部分的に配列が乱れている箇所があり、介在物が表面にほぼ平行に配列している。本試料の銃身上部は角筒となっており、円筒から角筒への鍛造加工が行われた結果、このような介在物の分布になったものと推定される。

国産火縄銃の銃身は、1枚の鋼板を巻いて熱間鍛造で鍛接する「艦鈍張り(うどんばり)」の銃身と、「艦鈍張り」の上に更に細長い鋼板を螺旋状に巻いて作る「葛巻(かずらまき)」の銃身に大別される⁹⁾。本試料の銃身中央部の非金属介在物はほぼ同心円状に配列しており、葛巻の場合観察される2層の組織が観察されないことから、本銃は「艦鈍張り」により製造されたものである。Fig. 5(a)のマクロ像内に矢印で示した領域では、(b)の拡大像で示すように非金属介在物が半径方向にほぼ平行に流れるように分布している。非金属介在物の配列から、この部分が1枚の鋼板の突き合せ鍛接部と推定される。更に、上述の銃身中央部に施された補修の後である埋鉄は、Fig. 5のマクロ像中に矢印で示した突き合わせ鍛造部にあたる箇所の延長線上にある。「艦鈍張り」の銃身の接合面は加工不良の影響が出やすいため、外表面に近い領域で欠けや剥落などが起こり、補修が施されたものと推定される。

3.1.2 銃口部

銃口部近傍 (Fig. 2(i)) より採取した2試料の炭素濃度を化学分析により測定した結果、それぞれ 0.07 mass% と 0.09 mass% であった。銃身中央部と同様に低碳素鋼であるが、

炭素濃度は前述の銃身中央部より1桁高い。前報⁵⁾で報告した江戸時代の火縄銃も、銃身中央部に比べて銃口部の炭素量が高くなっていた。本試料の銃口部の金属組織の特徴を把握するため、銃口部近傍の銃身の長手方向に垂直な断面 (Fig. 2(j)) の金属組織を観察した。

銃口部の、長手方向に垂直な断面のマクロ組織を Fig. 6(a) に示す。銃口部の断面組織は等軸フェライト組織だけの内側領域と、等軸フェライト組織とパーライトからなる外側の領域で構成され、その2つの領域が、Fig. 6(a)の点線で示した部分に並んでいる非金属介在物を挟んで分布している。すなわち、銃身の内側は等軸フェライト組織領域であるが、非金属介在物を挟んだ外側は等軸フェライト組織とパーライトからなる。外側領域の幅は、下記の途切れた部分を除き 0.7~1.5 mm である。ただし、Fig. 6の拡大像 (b) で示すように、銃身の右上の部分で途切れ、内側の等軸フェライト組織が表面に露出している。前述のように本銃の銃身中央部は等軸フェライト組織からなり、1枚の鋼板を巻いて製造した「艦鈍張り」の銃身であるが、銃口部は、内側の等軸フェライト組織からなる鋼板の上に炭素量の高い鋼板が巻かれている。

銃口部の金属組織の特徴を知るため、Fig. 6の拡大像 (b) 内の矩形 A および B で示した部分を拡大して観察した。これらを Fig. 7 に示す。(a) に示すように、銃口部の外表面近傍はパーライト組織を含む低碳素鋼である。双晶は観察されず、結晶組織は加熱されたような形状を呈する。この部分の炭素量は、標準組織¹¹⁾ から推定して約 0.2~0.3 mass% である。(b) に示す介在物を挟んだ銃身の内側の領域は αFe からなり、結晶の公称粒径は 88 μm (結晶粒径の範囲は約 30~200 μm) である。これは、前述の銃身中央部の金属組織の特徴とほぼ一致する。これらの間では、炭素量が内側に向かって減少している領域があり、これは拡散によって生じたと考えられる。以上のことから、銃口部は、炭素量の高い鋼を巻いて強化されていることが明らかになった。

3.1.3 尾栓部

火縄銃の銃尾は、溜まった火薬の残滓などを定期的に掃除

Fig. 6 Cross-sectional optical micrograph of the muzzle shown in Fig. 2(j). (b) Enlarged image of area b.

Fig. 7 Magnified optical micrographs of (a) area A and (b) area B in Fig. 6.

することが可能なように、雄ねじと雌ねじからなる尾栓で塞がれている。本試料の雄ねじは、経年劣化による腐食生成物の形成などのためか、雌ねじに強く嵌っており、ねじを開けることはできなかった。

後述のように切断して断面を観察したが、文化財の分析においては非破壊検査が必要である。そこで、尾栓部の内部構造をX線透過法で観察した。得られたX線透過像をFig. 8に示す。10山からなる雄ねじが、銃身側の雌ねじに嵌め込まれており、雄ねじと雌ねじの間にはX線透過像で明るく見える隙間が観察された。像内の矢印で示す明るい箇所は火皿から銃身へと繋がる孔で、火薬を着火させるための領域である。得られた透過X線像から、雄ねじと雌ねじの寸法や、ピッチ、ねじ山の角度などを測定することができるので、非破壊検査として有効な方法である。

従来の研究では、火縄銃の雄ねじは切削法で、雌ねじは切削法もしくは熱間鍛造法によって製造されたと考えられている^{12,13)}。雌ねじの製造方法については、X線透過像から得られた雌ねじ各所の寸法(ねじ山の角度、ピッチ、谷の径、内径など)を比較することで、それらの値が一定であれば切削法、一定でなければ熱間鍛造法とある程度推定することは可能である。本試料は隙間が比較的均一であり、後述する断面観察と合わせて考えると、切削法でつくられたものと推定される。

ねじ部の構造と製造方法の詳細を明らかにするため、銃身から尾栓部(Fig. 2(e))を切り離し、尾栓断面の金属組織と

Fig. 8 X-ray radiography image of the screws. The arrow indicates a flash pan hole.

非金属介在物の分布を観察した。尾栓部のマクロ金属組織をFig. 9に示す。雄ねじの組織は大部分が均一な等軸フェライト組織からなり、公称粒径は $112\mu\text{m}$ (結晶粒径の範囲は約 $30\sim 200\mu\text{m}$)である。ただし、ねじ山近傍では結晶が粗大な部分がみられる。また、一部では結晶が比較的微細で、等軸フェライト組織とパーライトからなる領域が観察される。パーライトが存在する部分の炭素量は標準組織¹¹⁾から推定して約 $0.1\text{ mass}\%$ である。

一方、雌ねじの組織は銃身の長手方向に平行して分布する2列の非金属介在物を介して3層となっており、組織にばら

Fig. 9 Cross-sectional optical micrograph of the screws shown in Fig. 2(e).

つきがみられる。外表面近傍の1層目は粗大な等軸フェライト組織からなり、公称粒径は $178\text{ }\mu\text{m}$ (結晶粒径の範囲は約 $60\sim 600\text{ }\mu\text{m}$)である。2層目は、広い範囲で等軸フェライト組織とパーライトが観察され、外表面の層と比較すると結晶粒径も小さい。銃身の内表面近傍の層は大小様々な結晶で構成されており、等軸フェライト組織のみの領域と、等軸フェライト組織とパーライトの領域が混在している。雌ねじのパーライトが存在する部分の炭素量は標準組織¹¹⁾から推定して、約 $0.1\sim 0.2\text{ mass}\%$ である。従って、雌ねじの鋼は異なる性質の鋼を鍛接によりクラッドし、強化したものと考えられる。雌ねじ部は銃身と一体となっているため、銃身中央部と同じ素材と考えたが、以上の金属組織観察から、雌ねじ部は銃身中央部とは異なった素材が用いられている。本試料の銃口部が炭素量の高い鋼を巻いて強化されていたように、雌ねじ部も複数の鋼からなり、強化されている。

次に、尾栓部の非金属介在物分布を観察し、ねじの製造方法を考察した。前述のとおり火縄銃の雄ねじは切削法で、雌ねじは切削法もしくは熱間鍛造法によって製造されたと考えられる^{12,13)}。雄ねじと雌ねじの具体的な製造方法を確認するため、それぞれのねじ山を詳しく観察した。雄ねじのねじ山の拡大光学顕微鏡像をFig. 10に示す。雄ねじのねじ山の先端近傍に観察される非金属介在物は、ねじ山の形状とは関係なく分布しており、先端部分では分布が途切れた状態を呈している。雌ねじのねじ山の非金属介在物分布も同様である。ねじが切削法で製造された場合、非金属介在物はねじ山に関係なく分布し、山の先端部分では分布が途切れるが、ねじが熱間鍛造法で製造された場合、非金属介在物はねじ山の形に沿って連続して分布する。以上の結果を総合的に考えると、本試料は、雄ねじ、雌ねじ共に切削法で製造されている。

3.2 機械的性質

銃に用いられている鋼材料の機械的性質を調べるため、銃身中央部、銃口部および尾栓部のそれぞれ7か所のビッカース硬度を測定した。銃身中央部は平均 99 Hv (最小値 87 Hv , 最大値 114 Hv)である。この値は極軟鋼の範囲である¹⁴⁾。銃口部は平均 119 Hv (最小値 102 Hv , 最大値 146 Hv)で極軟鋼から軟鋼の範囲であるが¹⁴⁾、銃身中央部より硬度が高い。尾栓部の雄ねじは平均 115 Hv (最小値 104 Hv , 最大値 125 Hv)、雌ねじは平均 107 Hv (最小値 95 Hv , 最大値 115 Hv)で、いずれも極軟鋼の範囲であるが¹⁴⁾、銃身中央

Fig. 10 Optical micrograph of male screw. Arrows indicate nonmetallic inclusions.

部より若干高めの硬度を示す。銃身と銃口および尾栓部の硬度の差は大きくないが、金属組織の観察結果とほぼ一致する。ただし、本試料は非金属介在物が多いので、測定値のばらつきの原因になっている可能性もある。

4. 考 察

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を分析した結果、前報⁵⁾で報告した無銘の火縄銃と比較して、いくつかの共通点と相違点が明らかになった。

まず、銃身中央部には、いずれの火縄銃も低炭素鋼から低炭素鋼が用いられていた。銃身の材料として炭素量の低い鋼が用いられている理由として、炭素量が低い方が鍛造加工がしやすく、また、靱性が高いため、割れにくい銃身をつくるのが可能なためと考えられる。一方、銃身中央部の結晶粒径の均一性および非金属介在物の量に関して、本試料と前報⁵⁾で報告した火縄銃では違いがみられた。具体的には、前報⁵⁾で報告した火縄銃は結晶粒径のばらつきが非常に大きかったが、本試料は結晶粒径のばらつきが少なく、非常に均一であった。また、本試料は、これまでに報告した2挺の銃^{5,7)}と比較して、非金属介在物の量が少なかった。国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃銃身の結晶粒径の均一性および非金属介在物の少なさの理由として、銃身の素材として用いられた原料および銃身を製造する鉄砲鍛冶の技術の影響が考えられる。前者については、前述のとおり、国友鉄砲鍛冶は銃身に用いる砂鉄原料の産地を厳選し、中でも出雲や播磨のものを好んだことが知られている^{3,4)}。砂鉄の品位は、地層の年代や母岩の種類などに影響されるが、例えば出雲の砂鉄は、他の地域の砂鉄と比べて、鉄(Fe)の純度が高く、製錬時のスラグの粘性を高くして介在物の導入を増やす酸化チタン(TiO_2)や靱性を低下させるリン(P)の含有量が低いことがわかっている¹⁵⁾。銃身に用いられた砂鉄原料の組成などの特徴が、加工のしやすさや、加工された鋼(銃身)の組織の均一性に影響を与えている可能性がある。本試料の非金属介在物の組成と内部構造の詳細については、現在検証を進めている。後者については、国友の鉄砲鍛冶は「重ね當る」を意味する²⁾重當という銘を将軍から賜うほど、性能の良い火縄

銃を製造していたことが知られており、観察された銃身の組織の均一性および非金属介在物の少なさは、国友鉄砲鍛冶による鉄の扱い方の上手さおよび銃身の製造技術の高さにも由来する可能性がある。

次に、銃口部は、本試料も前報⁵⁾で報告した火縄銃のいずれも、銃身中央部に比べて炭素量が高くなっていた。銃口部は火薬が爆発する際の熱や爆風による衝撃が大きいので、いずれの試料も衝撃に耐えられるよう意図的に炭素量を高くしたものと推定される。ただし、銃口部の具体的な強化方法には違いが見られた。前報⁵⁾で報告した火縄銃は、銃口部全体に炭素濃度の高い鋼を用いていたが、本試料は、炭素量の高い鋼板を外側に巻くことで強化されていた。前述の「大小御鉄砲張立製作」には火縄銃の製造方法が図入りで示されているが、そこには銃口部の強化の仕方などについての記載はない。銃口部の強化法を含む銃の具体的な製造方法は、それぞれの鉄砲鍛冶が、秘伝として独自に工夫、開発したものと推定される。

尾栓部の金属組織に関しては、本試料と前報⁵⁾で報告した火縄銃に違いがみられた。前報⁵⁾で報告した火縄銃は、雌ねじ、雄ねじともに、銃身の金属組織と同じ特徴を示した。一方、国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃は、雄ねじ、雌ねじ部共に、等軸フェライト組織とパーライトからなる領域が観察されるなど、銃身の金属組織とは異なった特徴を示した。特に本試料の雌ねじ部の金属組織は3層からなり、銃身とは異なる性質の鋼を鍛接によりクラッドしたものと考えられる。上述の「大小御鉄砲張立製作」には尾栓部の製造方法の手順に関して、「銃身本体を製造し、銃身の内径を錐を使って整え、目当や火皿などの細工を取り付けた後に銃尾にねじ錐をする」との記載がある⁴⁾。以上のことを考慮に入れると、別途製造した尾栓部を後から銃身に接合したのではなく、火縄銃の製造過程の最初の鋼板の段階で、雌ねじになる部分にだけ炭素量の若干高い鋼を用いたと推定される。雌ねじ部は機関部に近く、火薬の爆発の衝撃と熱に耐えうる強度が特に必要なため、本銃の製造者が意図的に銃身より強度の高い材料を用いたと推定される。

国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の銃身中央部、銃口部および尾栓部の金属組織には、前報⁵⁾で報告した火縄銃の金属組織にみられた双晶が観察されなかった。従って、本試料は、室温における鍛造を行っていないか、あるいは銃身製造の最終工程で、加工歪や残留応力除去のために、焼鈍した可能性が考えられる。

以上のように、国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の分析を通して、銃身中央部、銃口部および尾栓部の各所に銃の強度を上げるための様々な工夫が施されていることが明らかになった。そして、既存の文献の裏付けを行うとともに、文献では示されていない具体的な加工方法を明らかにした。これらが国友鉄砲鍛冶独自の秘伝とされてきた技術によるものなのか、今後、分析例を増やし検証する必要がある。

5. 結 言

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銃

身中央部、銃口部および尾栓部の金属組織と非金属介在物の分布について観察した。得られた結果を以下にまとめる。

(1) 銃身中央部は炭素量が 0.007 mass% で、等軸フェライト組織からなる均一な組織である。ただし埋鉄が施されている領域は炭素量が 0.3~0.4 mass% である。銃口部は炭素量が 0.07~0.3 mass% で、内側は等軸フェライト組織からなる組織、外側は等軸フェライト組織とパーライトからなる組織である。

(2) 本試料は1枚の鋼板を巻いて製造された「艦銃張り」の銃身である。銃口部は、「艦銃張り」の銃身の上に炭素量の高い鋼板が巻かれている。

(3) 雌ねじ部は銃身部とは異なり、炭素量の若干高い鋼が用いられており、組織が3層となっている。

(4) 雄ねじ、雌めじ共に切削法で製造されている。

本研究は、国友鉄砲鍛冶により製造された火縄銃の金属組織を観察し、その製造方法などを考察した初めての事例であり、本試料の銃身中央部、銃口部および尾栓部の各所に銃の強度を上げるための工夫が施されていることが明らかになった。

本研究を進めるにあたり、鋼の炭素量測定のご協力戴いた東京工業大学技術部共通教育支援センターの辻貴子氏ならびに透過像を撮影して戴いた榊りガク、ご支援戴いた東京芸術大学永田和宏教授ならびに桐野文良教授に感謝する。本研究の一部は林女性自然科学者研究助成基金「林フェロー」の研究奨励金、科学研究費 No. 22360295 および同 No. 23800023 によるもので、記して深謝する。

文 献

- 1) Shiga Prefectural Association for Cultural Heritages: *Kunitomo Teppoukaji*, vol. 1, (Shiga Prefectural Association for Cultural Heritages, Shiga, 1986) p. 3.
- 2) Y. Yusuki: *Kunitomo teppou kaji no rekishi*, (Sunrise Shuppan, Shiga, 2006).
- 3) Shiga Prefectural Association for Cultural Heritages: *Kunitomo Teppoukaji*, vol. 2, (Shiga Prefectural Association for Cultural Heritages, Shiga, 1986) p. 2.
- 4) S. Arima: *Ikkansai Kunitomo Toubeeden*, (Musashino Shoin, Tokyo, 1932).
- 5) M. Tanaka and M. Kitada: J. Japan Inst. Metals **73**(2009) 778-785.
- 6) M. Tanaka and M. Kitada: J. Japan Inst. Metals **74**(2010) 250-257.
- 7) M. Tanaka and M. Kitada: J. Japan Inst. Metals **74**(2010) 779-787.
- 8) M. Mizuhara: Bulletin of Archives Museum, Faculty of Economics, Shiga University **2**(1969) 40-67.
- 9) Ed. by Nagahama Castle Historical Museum: *Kunitomo Teppoukaji*, (Nagahama Castle Historical Museum, Siga, 1991) p. 37.
- 10) Ed. by Rekishi gunzo: *Zukai Nihonto Jiten*, (Gakken, Tokyo, 2007) p. 247.
- 11) Ed. by T. Sato: *Tekkou no Kenbikyoku Syasin to Kaisetu*, (Maruzen, Tokyo, 1973).
- 12) H. Ito: J. Japan Res. Inst. for Screw Threads & Fasteners **32**(2001) 327-336.
- 13) Special Committee to Investigate the Fasteners used in Japanese Matchlock Guns: *Nihon niokeru Neji no hajimari*, (The Fasteners Institute of Japan, Tokyo, 1982).
- 14) Ed. by The Japan Institute of Metals: *Kinzoku Binran*, (Maruzen, Tokyo, 1952) p. 539.
- 15) Ed. by The Iron and Steel Institute of Japan: *Seisen Seikouhou*, (Chijin Shokan, Tokyo, 1959) p. 87.