

非破壊分析による鉄炮銃身の 材質と製作技法の解析

A Study of Materials and Manufacturing Technique of Barrel of Japanese
Matchlock Guns in Edo Period by Non-Destructive Analysis

齋藤 努・高塚秀治・宇田川武久

SAITO Tsutomu, TAKATSUKA Hideharu and UDAGAWA Takehisa

はじめに

①資料

②分析方法

③結果と考察

まとめ

【論文要旨】

鉄炮銃身および刀剣の表面の金属組織と介在物を走査型電子顕微鏡で分析した結果、以下のことがわかった。

1. 介在物が引き延ばされた方向から、鉄炮の製作法を記した文献にみえる主要な2つの銃身製作法である「鑑鈍張」と「巻張」によって作られた銃を検出することができ、この分析法によってこれらの製造技術が識別できる場合があることがわかった。
2. 刀剣は介在物中に鉄-チタン酸化物の鉱物を含むのに対し、分析した大部分の鉄炮（和銃）では、介在物として鉄、ケイ素、リン、カリウム、カルシウムを主体としチタンをほとんど含まない、刀剣の素材とは異なる鉄が使用されている。また鉄炮の銃身は炭素濃度が $0.1\% \sim 0.2\%$ ときわめて低い鉄素材で作られており、この点も刀剣とは異なっている。
3. 刀鍛冶が製作したと推定される鉄炮で、介在物中に鉄-チタン酸化物をもつ日本刀と共通の素材の特徴をもつものがみつかった。また、鉄炮鍛冶の系譜をもつ鍛冶職人の製作した短刀は、多くの鉄炮と同様、鉄・リン・カリウムなどを多く含むケイ酸塩を介在物にもつ鉄素材を使用していた。これらの分析結果から、鉄炮鍛冶と刀鍛冶では材料調達および製作技法の面で相違があった可能性がある。
4. 外国銃は介在物自体が圧倒的に少なく、鉱物組成として鉄マンガン硫化物や鉄カンラン石が大部分を占めていた。

はじめに

日本の鉄炮の歴史は、16世紀の半ば、西日本に火縄銃が伝来した時から始まる。なお、現在「てっぽう」には「鉄砲」の漢字が当てられているが、江戸時代の文献には通常「鉄炮」と記載されているので本論文ではそれに従う。伝来後およそ20年の間に日本各地で製作されるようになり、狩猟で使用されつつも、16世紀後半の戦乱の拡大に伴って兵器としての生産が盛んに行われるようになった。この間に100万挺以上が作られたと推定されている。江戸時代になると、平和で安定した社会の中で、射撃技術と精神の鍛練を基調とする武芸として存続した。江戸時代初めには30ほどだった砲術流派は、幕末にはおよそ400を数えるようになる。

鉄炮の製作者には大きくわけて2種類あった。一者は鉄炮製作を専門とする鉄炮鍛冶で、有名な製作地としては国友や堺がある。もう一者は鉄炮製作を専門とせず、他の製品を作る副業として鉄炮を作る職人で、これには刀鍛冶や、農具を作る野鍛冶がいた。

高度な製作技術を要する江戸時代の代表的な鉄製品としては、鉄炮のほかに刀剣がある。刀剣は実用以外に美術品としての価値が認められてきたため、現在も刀鍛冶の職人は全国に200人以上おり、それぞれの流派で伝統技術を守り伝えている。しかし鉄炮については、明治以降、洋式銃が一般的となり火縄銃の需要は無くなったため、鉄炮鍛冶の伝承は途絶え、その技術もノウハウも失われてしまった。

本論文では、江戸時代に作られた鉄炮を対象資料とし、銃身の鉄部分に用いられた材質と製作技法について明らかにするために自然科学的な分析を行った結果と、刀剣と比較した時の特徴について報告する。また外国銃についても同様の分析を行った。ただしこれは2点のみであるので、予備的な結果報告にとどまる。

①……………資料

本研究では、表1a, bで示した資料（江戸時代に製作された鉄炮（和銃）8点ただし4点は銃身のみ、刀剣2点、外国銃2点）を対象として分析を行った。以下、資料番号で資料を特定する。資料の写真を図1a～l（カラーページ）に示した。

表1a 調査対象資料 (鉄砲)

資料番号	銘	製作地	流派	全長 (cm)	銃身長 (cm)	口径 (mm)	備考
TSG-1-04	土州住岡儀左衛門重行作 土州近森三五郎重吉 花押	土佐	不明		75.7	15.5	上面一角通, 銃身のみ
TSG-1-05	無銘	岡山	荻野流		69.2	15.0	上面一角通, 銃身のみ
TSG-1-06	半巻 摂州住藍屋権右衛門作	堺	不明		83.9	11.6	雨覆が鉄製, 銃身のみ
TSG-1-07	鍛張 阿州濱部傳之助高吉作	阿波	不明		105.9	10.5	銃身のみ
TSG-3-01	仙臺住木田市郎衛門重□	仙臺	稲富流	116.2	81.1	15.0	引金は田村流 法華三郎氏所蔵
TSG-3-02	仙臺涌谷住烏津喜想右衛門忠□ 上鍛	仙臺	伊勢流	138.3	100.6	14.2	毛利伸氏所蔵
TSG-3-03	仙臺住芳賀十太夫豊成作	仙臺	伊勢流	138.7	101.0	14.3	毛利伸氏所蔵
TSG-3-04	久保田宗明	一関	井上流	79.0	54.8	12.2	中鉢弘氏所蔵
TSG-2-02	(ブルーフマークあり)	不明			84.6	12.5	軍用銃, ボルトアクション 腔綫六条, 銃身のみ
TSG-2-03		不明			56.0	8.7	射的銃, 銃身のみ

* (備考欄に所蔵者の記載がないものは国立歴史民俗博物館蔵)

表1b 調査対象資料 (刀)

資料番号	銘	製作地	全長 (cm)	備考
H-1553-1	備前住長	備前	72.0	清光か? 室町末期
TSS-1-01	宗明	一関	27.4	中鉢弘氏所蔵 目釘穴1

②……………分析方法

分析にあたってはできるだけ非破壊で多くの情報を得ることを目標とし、以下の方法をとった。

銃身表面の錆をおとして金属面を露出させ (1~2cm 幅×5~7cm 長程度)、ダイヤモンドペーストで鏡面研磨した。先口や末口の近くは補強のための鉄板が巻かれている可能性があるため、その部分を避け、銃身本体の製作技法などがわかる箇所を選択して分析を行うことにした。分析後、必要に応じて、研磨の際に回収した鉄錆粉末やアクリル絵具などで原状回復をおこなった。

15cm 幅×200cm 長までの試料を導入することが可能な大型試料室を付設したエネルギー分散型特性X線検出器付走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS, 日本電子 JSM-820, 図2) を使用し、15~20 倍の倍率で分析箇所を移動させながら反射電子像で撮影を行い、介在物の形状や方向性を調べた。また 100~400 倍で個々の介在物の反射電子像を撮影し、Si (Li) 半導体検出器 (エネルギー分散型特性X線検出器, Philips PV-9550) で、介在物中に含まれる鉱物結晶やマトリックス部分の成分組成を分析した。

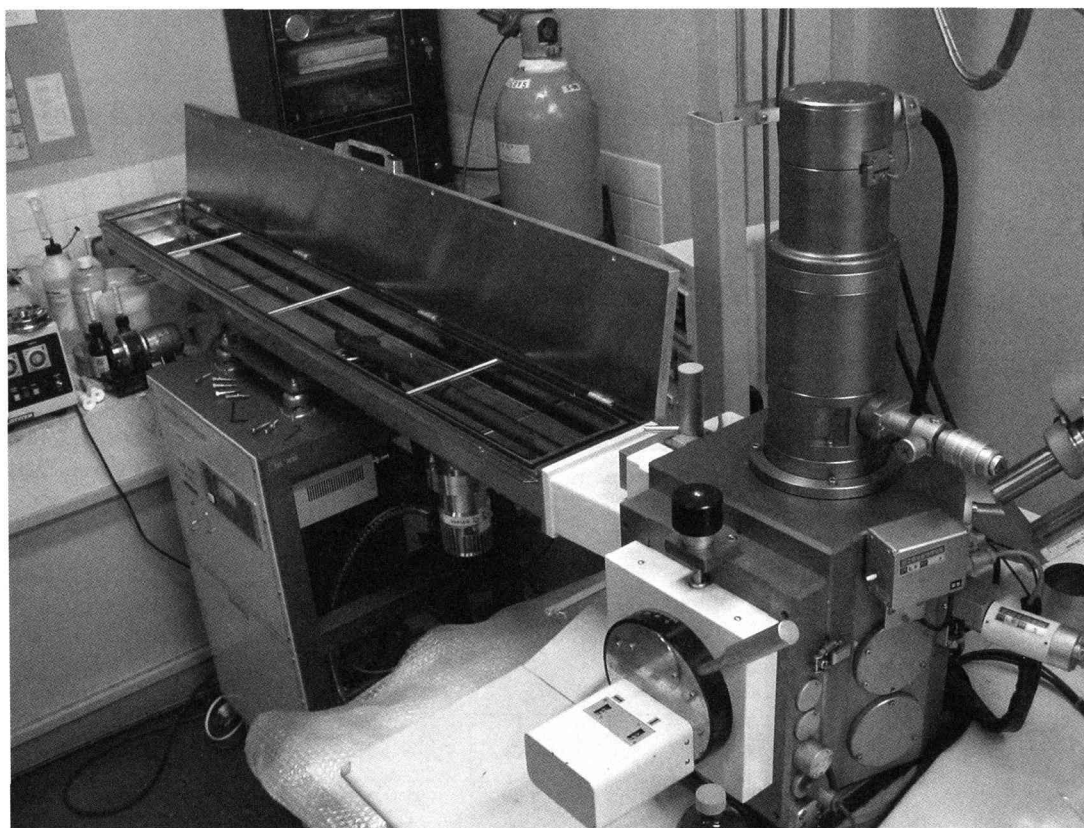


図2 大型歴史資料分析用走査型電子顕微鏡 (最大2m長まで対応)

試料の金属組織は、銃身の研磨部分を5%ナイトールでエッチングしたのち、上記と同じ装置を用い二次電子像で撮影した。その結果から銃身の鉄中の炭素濃度を推定した。

刀剣については、資料TSS-1-01は鉄炮と同様の分析法をとったが、資料H-1553-1は研磨・エッチングを行わず、そのままの状態での介在物の反射電子像の撮影と成分分析を行った。

③……………結果と考察

3.1.～3.3.に、和銃の分析結果について、刀剣との比較を行いながら述べる。外国銃の結果はこれらとは別に3.4.で述べる。

3.1. 銃身表面の介在物の方向

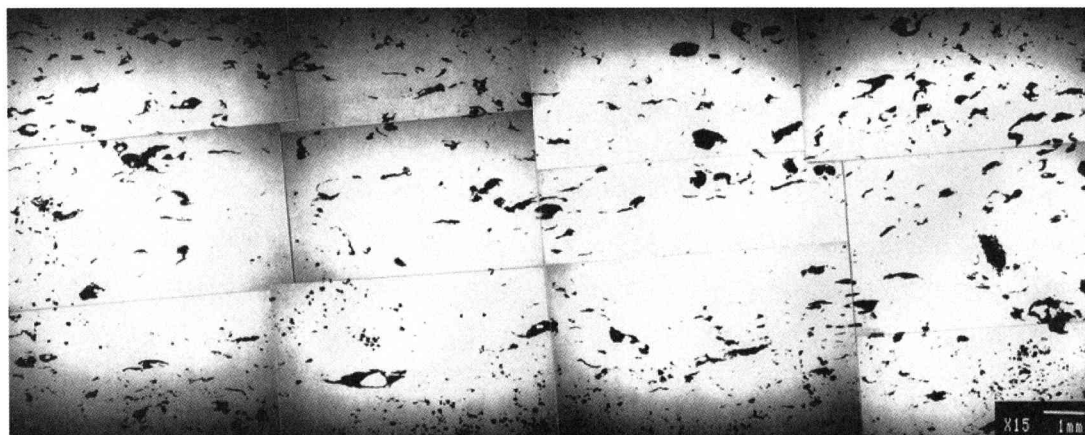
図3に、反射電子像によって、比較的広い範囲にわたって銃身表面の介在物の分布や方向などを調べた結果を示す。日本の鉄炮(図3a～f)についてみると、銃身表面で観察される介在物は、一方向に引き伸ばされた形状をしていることが多い。さらに詳細にみると、介在物が銃身の長軸方向に引き伸ばされているものと、銃身の長軸に斜めの方向に引き伸ばされているものの2種類が明確に検出できるものがあった。図3a(資料TSG-1-05, TSG-1-06)は前者の例、図3b(資料TSG-1-04, TSG-1-07)は後者の例である。またこれらと比べて一つ一つの介在物が小さいた

め図3のような低倍率の写真ではわかりにくいですが、倍率を上げて観察した結果では図3c（資料 TSG-3-01）、図3e（資料 TSG-3-03）、図3f（資料 TSG-3-04）も前者の例とみてよい。図3d（資料 TSG-3-02）は方向がやや不明瞭で判別ができない。

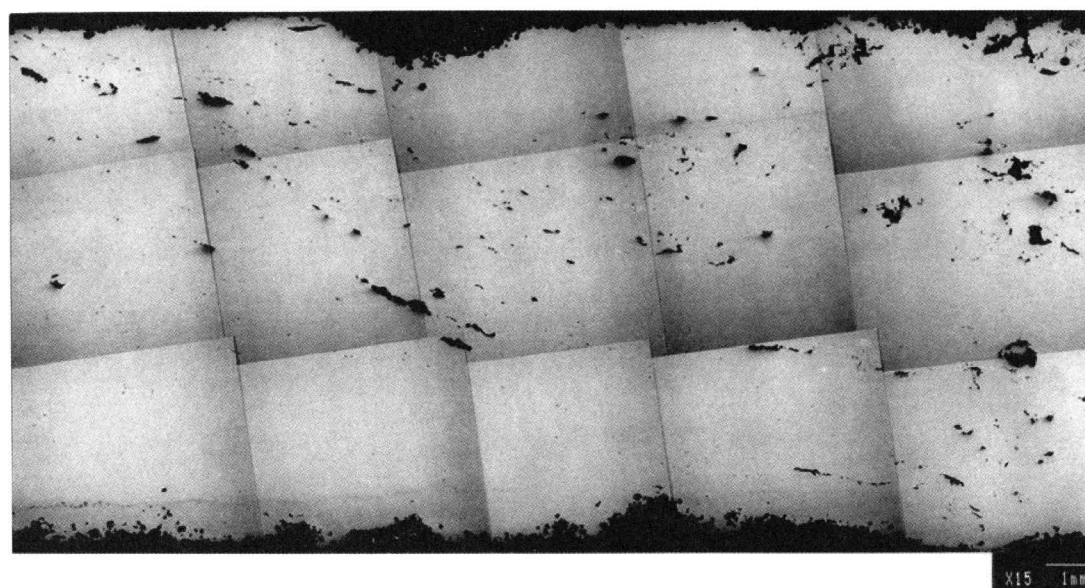
以下にこれらの結果を、文献にある鉄砲の製作技術と照らし合わせてみることにする。

鉄砲を含めた銃砲の製作技術を示す文献史料は、周防徳山藩中川篤の門人棟居長孝が天保14年（1843）に著述した「中嶋流砲術管闕録」（全21冊）の中の一巻「手前筒製作之事」と、近江長浜の国友鉄砲鍛冶国友藤兵衛一貫斎が著した「大小御鉄砲張立製作」の二書が知られている〔所, 1964; 宇田川, 1998〕。前者による鉄砲製作工程の一部を図4に示した。ここに掲載されている通り、筒をつくるにはまず真金という鉄の棒に、瓦金という細長い鉄板を縦方向に巻き付けて合わせ目を接合する。この状態を荒巻という（図4a）。この後、筒をヤスリで研磨し、栓差、目当、火皿などの部品をつけると銃身ができあがる。こうしてできた鉄砲は「うどんぼり 饅頭張の筒」といい、安物の規格品として用いられた。荒巻の筒に、さらに長い巻板をリボン状に斜めに巻き付けて接合し、銃身を厚手にして堅牢に鍛える技法を「まきぼり 巻張」または「かづらまき 葛巻」といった（図4b）。「巻張の筒」は「饅頭張の筒」に比べて高価であった。

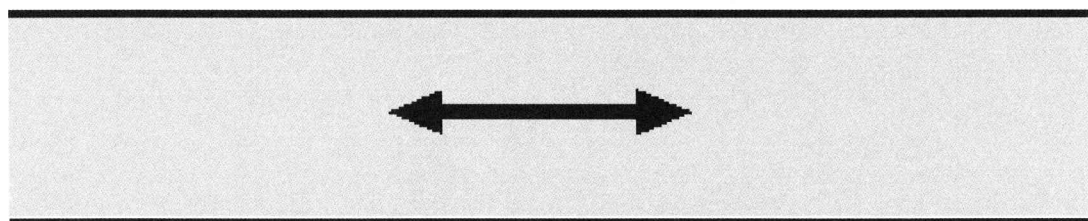
銃身の分析の際に観察された介在物の方向は、素材となる細長い鉄板を成形する際に引き延ばされたものと考えられる。従って、介在物が銃身の長軸方向に延びている鉄砲は前記の「饅頭張」に、また長軸に斜めの方向に延びている鉄砲は「巻張」に対応するものと考えられ、これらの製作技法が分析によって識別できる場合があることがわかった。



資料 TSG-1-05

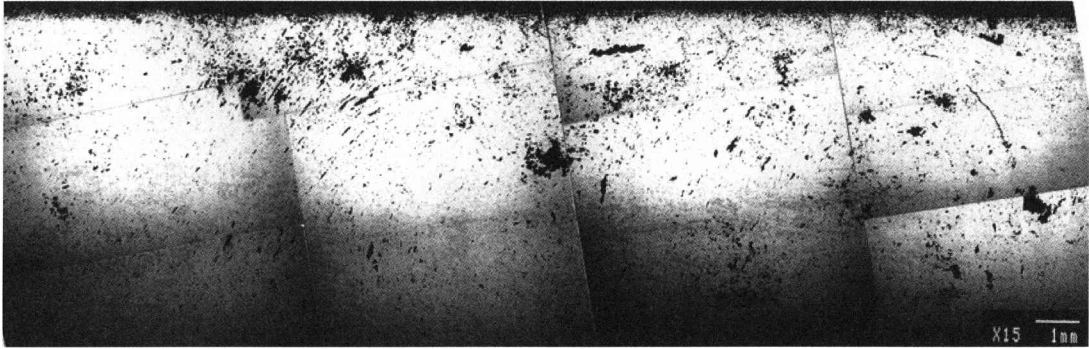


資料 TSG-1-06

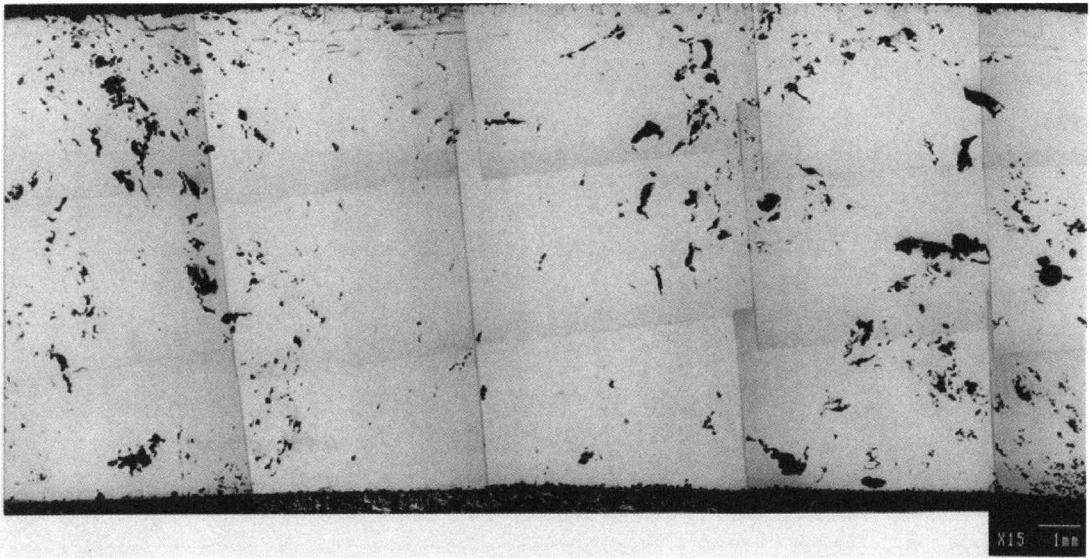


a. 銃身の長軸方向に引き延ばされている例

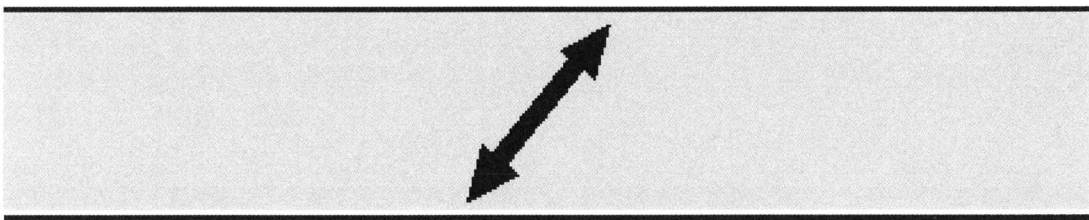
図3 銃身表面における介在物の方向1



資料 TSG-1-04

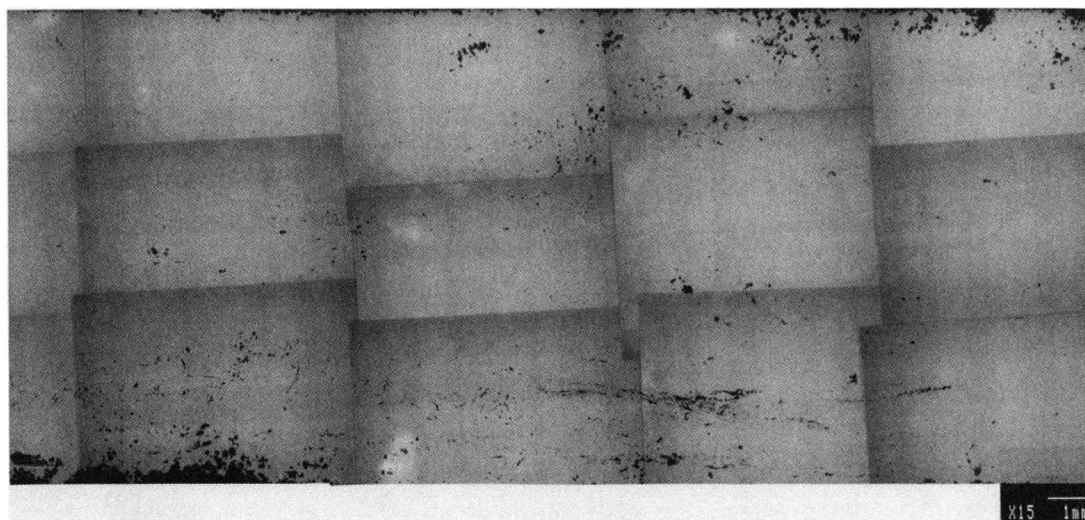


資料 TSG-1-07

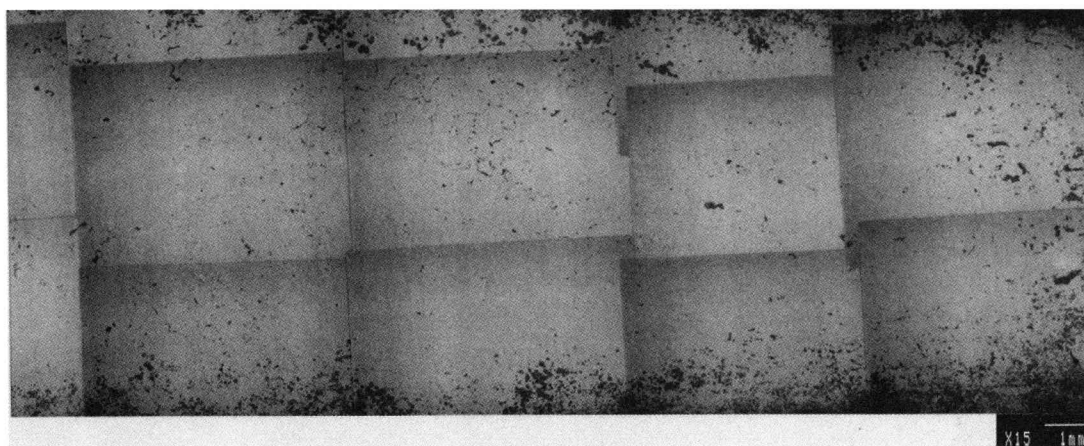


b. 銃身の長軸に斜めの方向に引き延ばされている例

図3 銃身表面における介在物の方向2

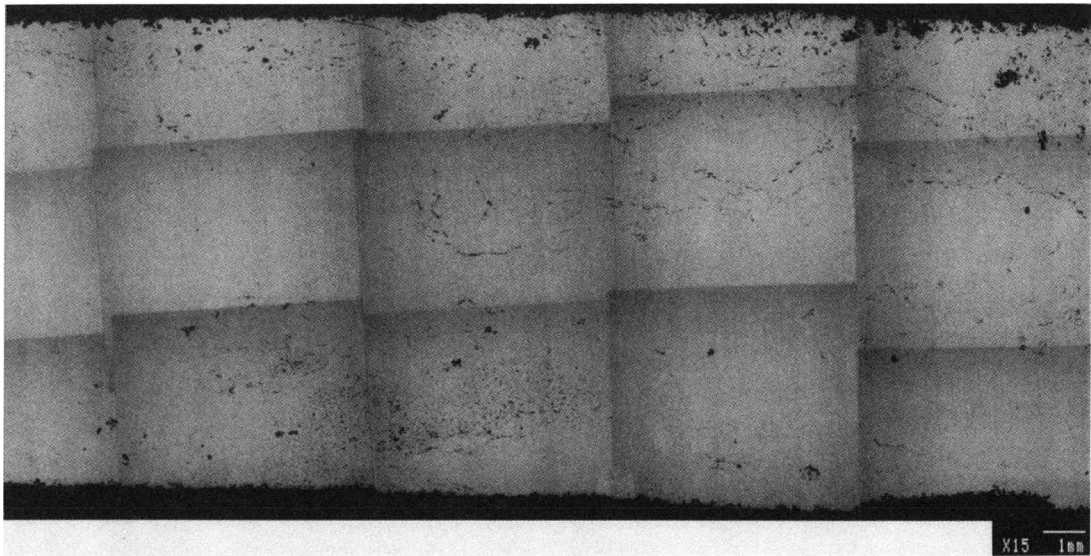


c. 資料TSG-3-01

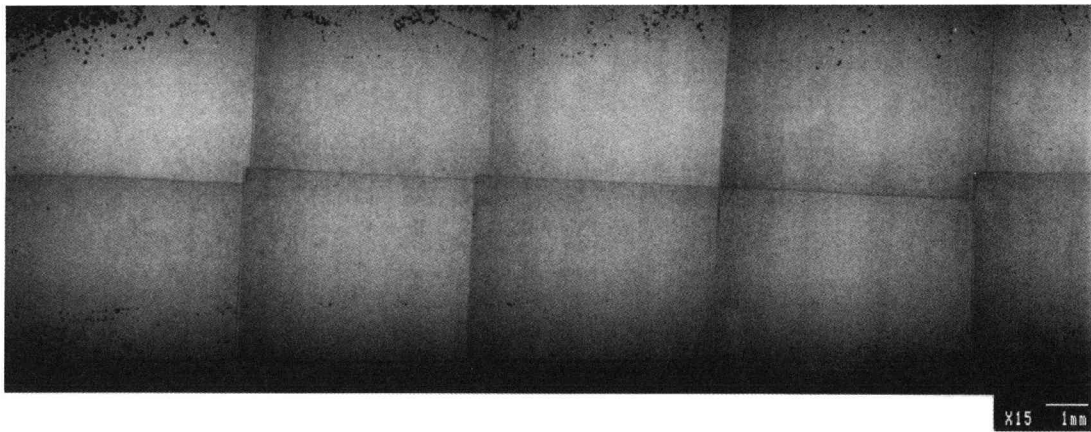


d. 資料TSG-3-02

図3 銃身表面における介在物の方向3

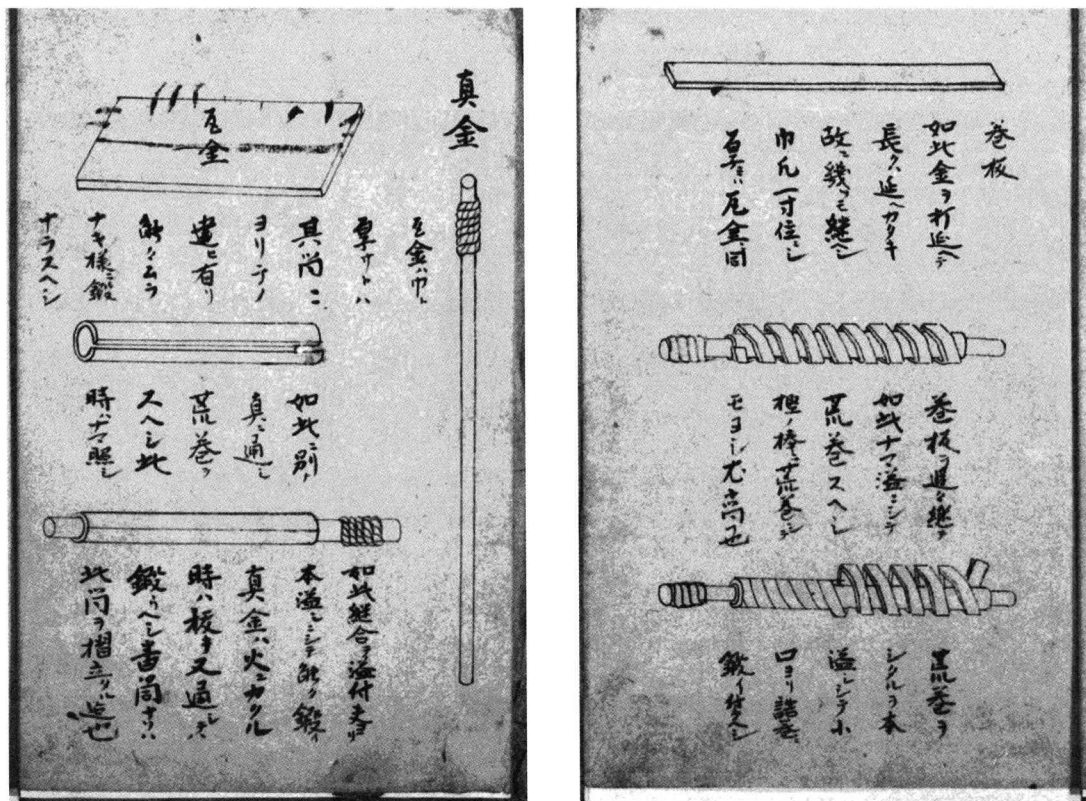


e. 資料TSG-3-03



f. 資料TSG-3-04

図3 銃身表面における介在物の方向4



a. 鑷鈍張の筒の作り方

b. 巻張の筒の作り方

図4 「中嶋流砲術管關録 手前筒製作之事」にある鉄砲製作工程（部分）

3.2. 銃身表面の介在物の化学組成

図5a～hに示した通り、日本の鉄砲の多くは、介在物の鉱物結晶としてウスタイト（FeO）や鉄カンラン石（Fe₂SiO₄）を含み、マトリックスのガラス質部分として鉄、ケイ素、カリウム、カルシウム、リンなどを主要な成分とするものが大部分を占めていた。これらのうちケイ素、カリウム、カルシウム、リンは、鉄の素材を折り返し鍛練する際、酸化をふせぎ、また表面にできた酸化皮膜層を取り除いて鍛接しやすくする目的で、素材を加熱する直前に表面を覆うために使用する藁灰や灰汁に由来するものと考えられる〔齋藤ら、2006〕。参考までに、藁灰の元素組成を図6に示した。各ピークの相対的な高さには多少の違いがあるが、鉄砲銃身の介在物のマトリックス部分に特徴的なケイ素、リン、カリウム、カルシウムが含まれていることがわかる。これまでの研究〔鈴木、1990〕で、刀剣の場合、鉄製錬の原料として用いられた砂鉄に由来するチタンを含むスラグが素材の中に残留し、介在物にはウルボスピネル（Fe₂TiO₄）、イルメナイト（FeTiO₃）、フェロシュードブルッカイト（FeTi₂O₅）などの鉄-チタン酸化物の鉱物が多く含まれることが知られている。これに対し、今回分析を行った鉄砲の大部分では、マトリックスのガラス質ケイ酸塩の部分で若干量のチタンが検出されたものはあったものの、鉄-チタン酸化物の鉱物は検出されなかった。

ただし、分析を行った資料の中で TSG-3-03 については、大部分の介在物は他の多くの鉄砲と同

様の組成であったが、ごく一部で例外的に図 5g に示した鉄-チタン酸化物（ウルボスピネル）がみつかった。これについては、金属組織の結果とあわせて 3.3. で考察を加える。

以上の分析結果から、鉄砲は刀剣とは異なる材質で作られていることがわかった。

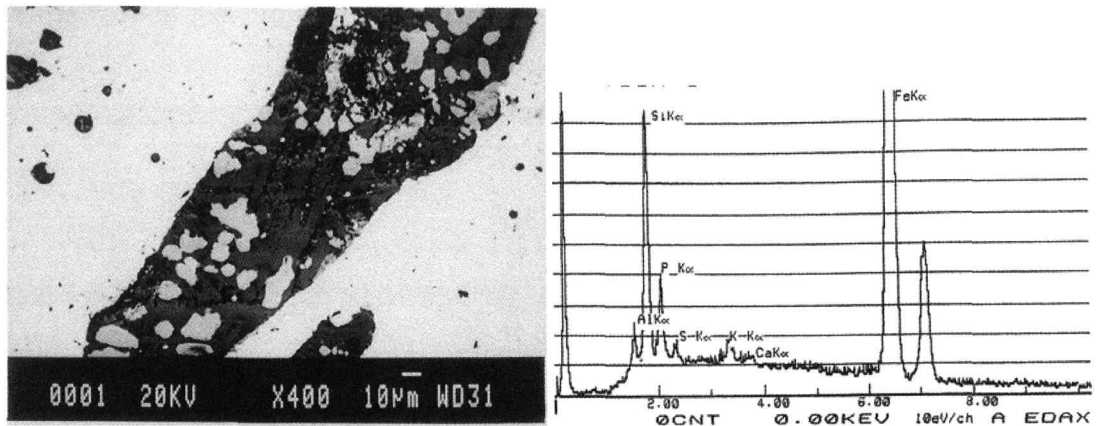
しかし、分析した鉄砲の中から、明らかに介在物中に鉄-チタン酸化物を主要鉱物として含むものが見出された（図 1b, 図 5b, 資料 TSG-1-05）。この資料は無銘であるが、明治 5（壬申）年（1872）における登録の刻印から、岡山県に伝世したとみることができる鉄砲である。台は失われ銃身のみであるが、図 7a（カラーページ）で示した通り、荻野流伝書「志良津由」に記載されている鉄砲と目当、先口の特徴が一致することから、荻野流鉄砲であると考えられる [宇田川, 1998]。岡山藩では荻野流が行われていたことからこの判断は裏付けられ、製作地も同藩領内とみなされる。また、福山市立福山城博物館が所蔵する「備後福山住横山祐国作」の銘がある荻野流鉄砲 [図 7b（カラーページ）；宇田川, 2000] と形状が酷似しており、資料 TSG-1-05 もまた備前長船鍛冶、すなわち刀鍛冶によって製作されたと推定される。これは、江戸中期以降、刀の需要が減り一方で鉄砲の需要が増大したことから、刀鍛冶の中に鉄砲の製作を行うようになった者が出てきたことの反映であると見なすことができる。

図 5i に、参考として備前長船鍛冶による刀（図 1k, 資料 H-1553-1）の介在物の分析結果を示した。これまで報告されている刀剣と同様、鉄-チタン酸化物の鉱物（フェロシュードブルッカイト）が含まれていることがわかる。

本研究ではまた、一関藩に伝世した、同一の製作者（久保田宗明）による鉄砲（図 1h, 資料 TSG-3-04, 「久保田宗明」銘）と短刀（図 1l, 資料 TSS-1-01, 「宗明」銘）の分析も行った。その結果、短刀の介在物で若干のチタンが検出されてはいるが、鉄砲も短刀も、他の大部分の鉄砲資料と同様の鉄、カリウム、カルシウム、リンなどの他、マンガンを含むケイ酸塩を介在物としてもつ鉄が素材として使用されていることがわかった（図 5h, j）。短刀の介在物はいずれもガラス質で、鉄-チタン酸化物の鉱物は検出されなかった（図 5j）。

久保田宗明は江戸桑名藩の刀工固山備前介宗次のもとで刀剣製作を学び、刀工免許を得た後、一関藩にもどり藩の刀工として、幕末から明治にかけて製作を行った。ただし、祖父今野氏が登米領伊達氏に鉄砲製作をもって仕え、父良蔵も一関藩において御徒士勤務の傍ら鉄砲鍛冶を営んでおり、宗明自身も、刀剣製作に入る前から鉄砲鍛冶を行い、また刀工免許後も藩士の要望に応じて鉄砲製作を行っていたことがわかっている [千葉, 1987]。すなわち、専門の刀鍛冶とは異なり、鉄砲鍛冶としての材料調達を父から引き継いで行っていた可能性が考えられる。

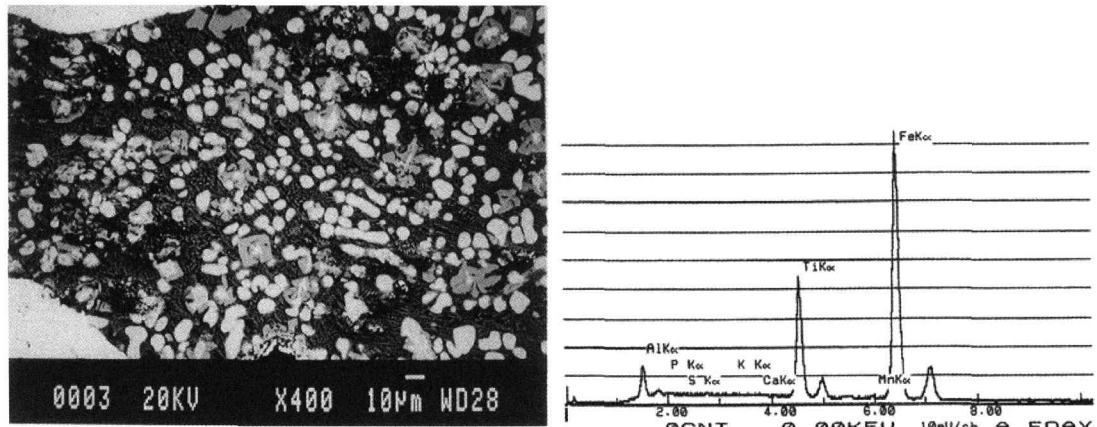
これらの調査結果から、次のように考えることができる。鉄砲鍛冶と刀鍛冶とは材料調達および製作技法の面で相違があり、本業以外の製品を作る際にも材料の使い分けはしていなかった可能性がある。この点については、三河の鉄砲鍛冶の野田繁慶、肥後の胴田貫派刀剣鍛冶など、鉄砲鍛冶や刀鍛冶が鉄砲・刀剣の両者の製作にかかわった他の事例について、文献史料の調査も含め、研究の蓄積が必要であろう。



(介在物反射電子像)

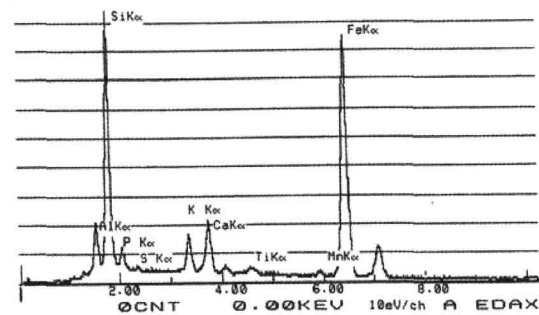
(マトリックス部分の元祖組成)

a. 資料 TSG-1-04



(介在物反射電子像)

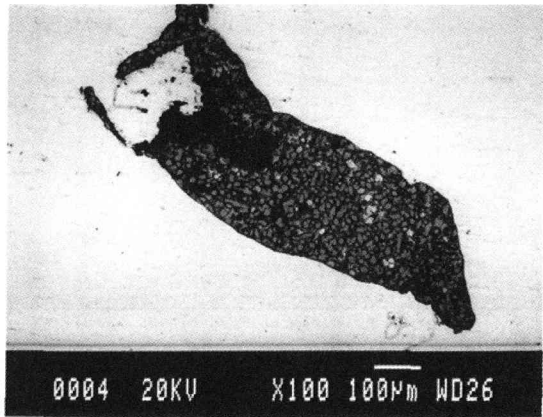
(角状結晶の元素組成 (ウルボスピネル))



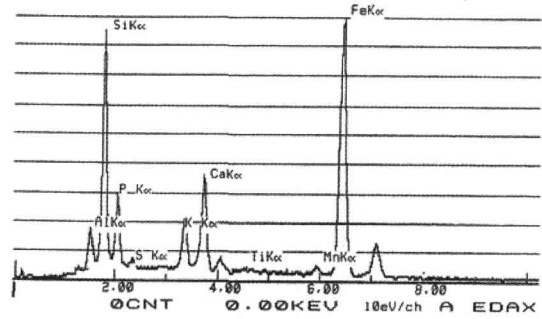
(マトリックス部分の元素組成)

b. 資料 TSG-1-05

図5 介在物の化学組成分析結果1

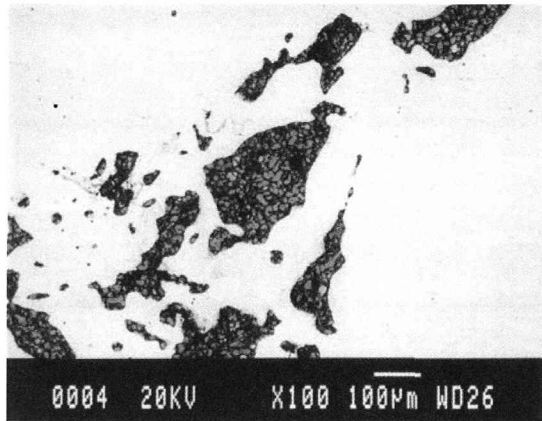


(介在物反射電子像)

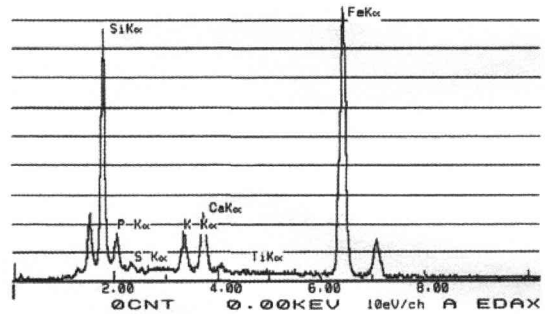


(マトリックス部分の元素組成)

c. 資料 TSG-1-06

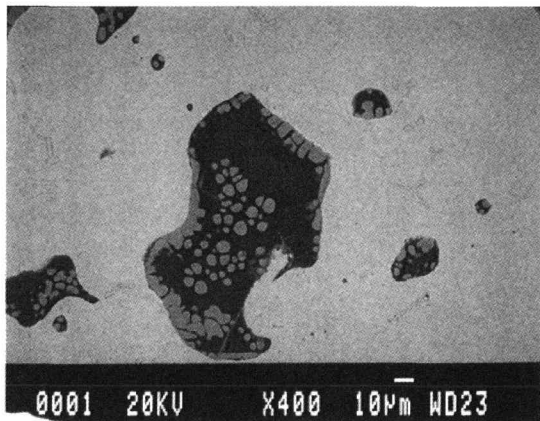


(介在物反射電子像)

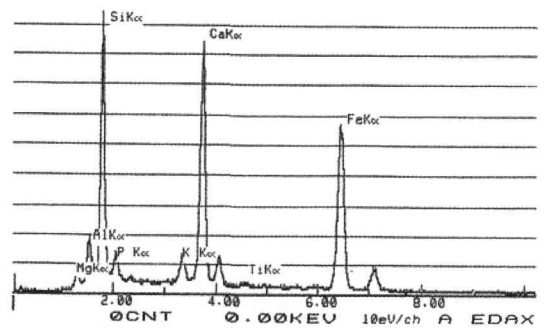


(マトリックス部分の元素組成)

d. 資料 TSG-1-07



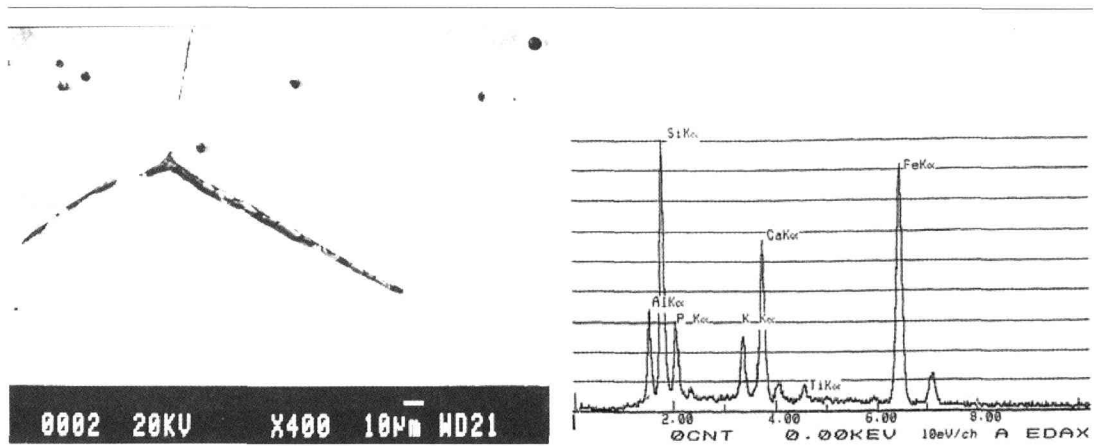
(介在物反射電子像)



(マトリックス部分の元素組成)

e. 資料 TSG-3-01

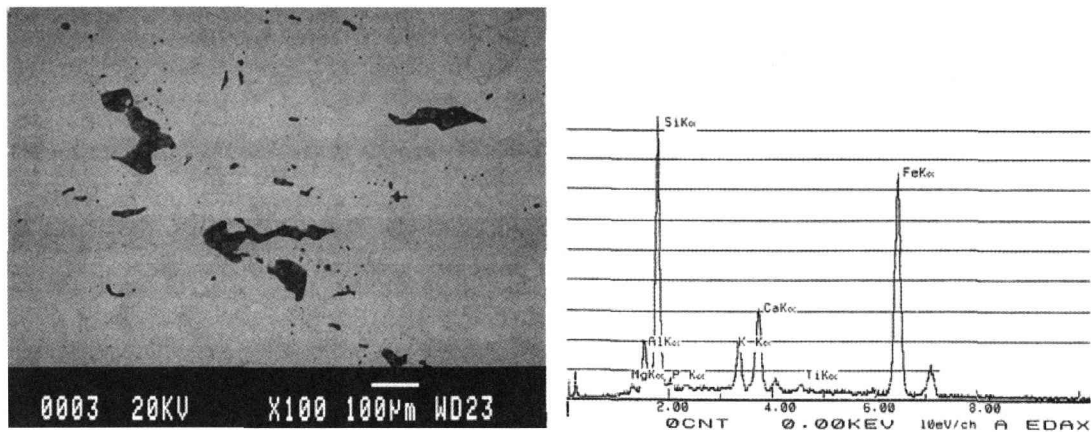
図5 介在物の化学組成分析結果2



(介在物反射電子像)

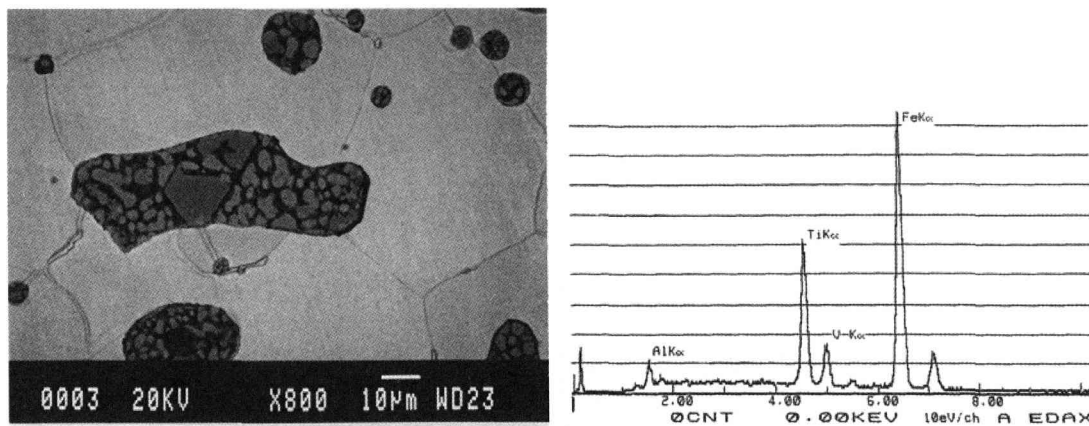
(マトリックス部分の元素組成)

f. 資料 TSG-3-02



(介在物反射電子像)

(左図マトリックス部分の元素組成)

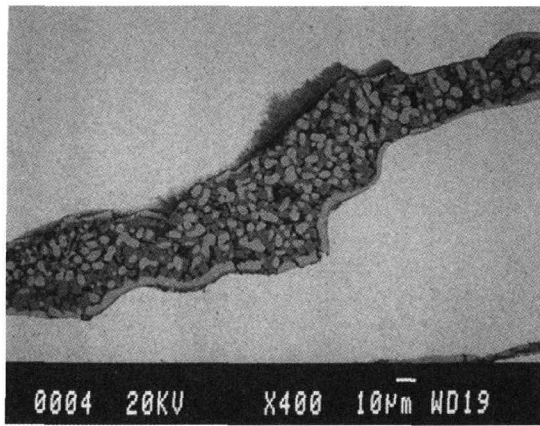


(介在物反射電子像)

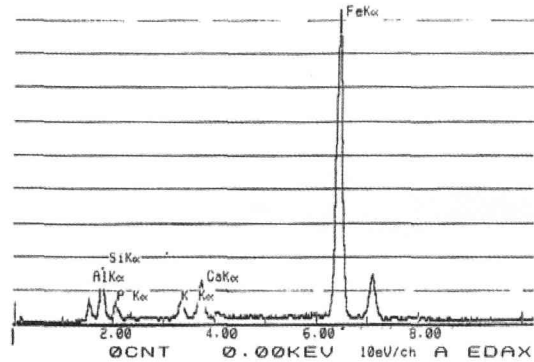
(左図角状結晶の元素組成 (ウルボスピネル))

g. 資料 TSG-3-03

図5 介在物の化学組成分析結果3

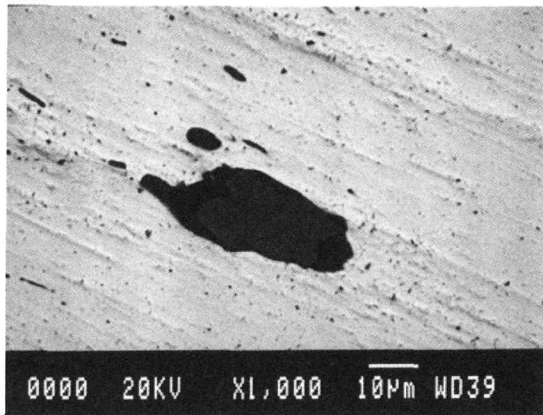


(介在物反射電子像)

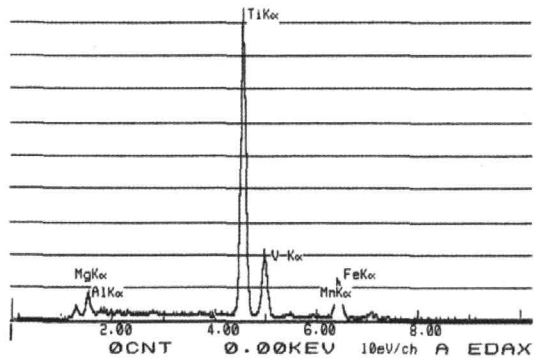


(マトリックス部分の元素組成)

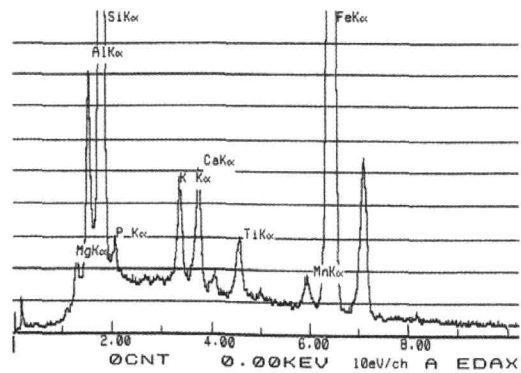
h. 資料 TSG-3-04



(介在物反射電子像)



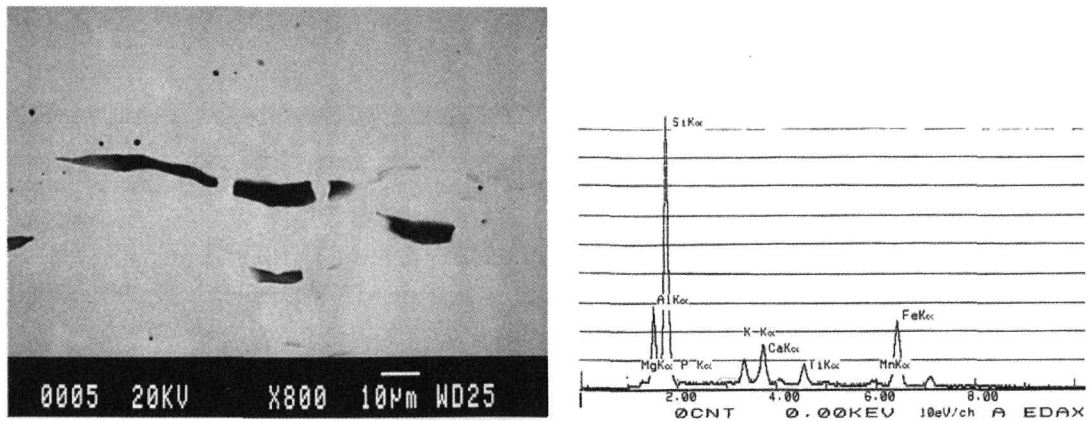
(灰色部分の元素組成(フェロシールドブルッカイト))



(マトリックス部分の元素組成)

i. 資料 H-1553-1

図5 介在物の化学組成分析結果4



(介在物反射電子像)

(マトリックス部分の元素組成)

j. 資料 TSS-1-01

図5 介在物の化学組成分析結果5

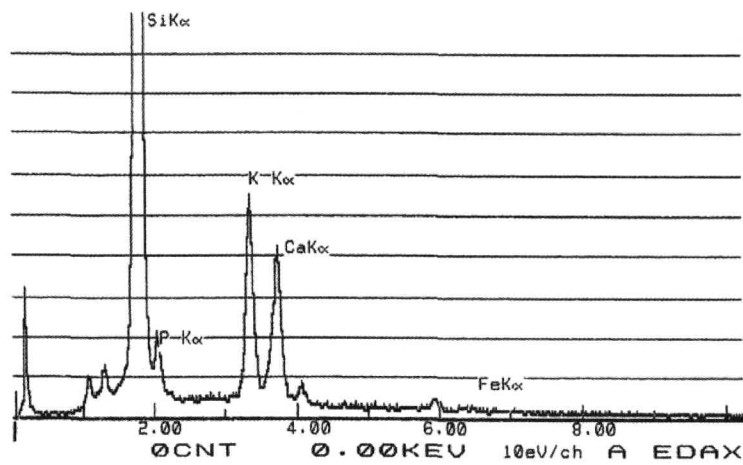


図6 藁灰の元素分析結果

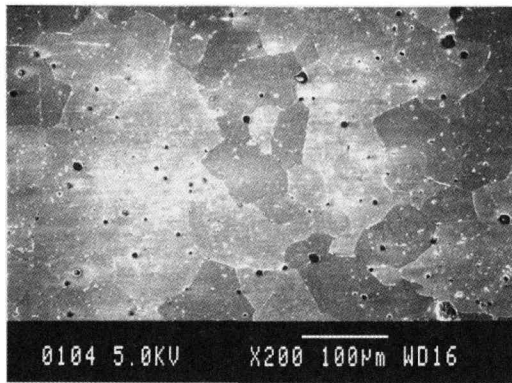
3.3. 銃身の金属組織と炭素濃度

図 8a ~ i に各資料の金属組織の二次電子像と、推定される炭素濃度を示した。これらを見ると、日本の鉄砲はおおむね炭素濃度 0.1% かそれ以下の軟鉄で作られていることがわかる。今回分析を行った資料の中で最も炭素濃度が高いとみられる部分でも 0.2% 程度である。資料 TSG-3-01 と TSG-3-02 はやや不均一であり、場所によって濃度が 0.1% 以下から 0.2% までばらついている。また TSG-3-01 では炭素濃度のきわめて低い 2mm ~ 5mm 角程度の軟鉄片が埋め込まれている箇所があった。これは、鏡面研磨の段階では肉眼でも SEM でも認められなかったが、エッチングを行った結果、金属組織の相違によって確認できたもので、銃身鍛造時に亀裂や孔などを補修するために行う「埋鉄」とよばれるものであると考えられる。峯田・佐々木 [2003] が 3 本の鉄砲について金属組織と化学分析によって炭素濃度を調べており、元禄期頃の製作と推定される資料で 0.1% (ただし銃口部に 0.4 ~ 0.5% の鋼を使用)、備前筒で 0.06%, 馬上筒で 0.36, 0.34% と報告しており、本研究の分析結果は最後の馬上筒を除いてこれとほぼ合致している。日本刀の分析結果からは、心鉄には 0.1 ~ 0.3% の低炭素鋼が使用されるが、表面を覆う皮鉄は 0.5 ~ 0.7% 程度の鋼が使われていることが知られており [鈴木, 1990]、図 8i の結果もその点ではほぼ合致している。これと 3.2. で得られた「鉄砲銃身の介在物中には、鉄-チタン酸化物の鉱物を含むものがほとんどない」という結果とをあわせて考えると、鉄砲銃身には刀剣 (正確にはその皮鉄部分) と材質の異なる鉄が使用されていると判断される (前述の久保田宗明の鉄砲 (TSG-3-04) と短刀 (TSS-1-01) のように介在物の点で共通性のある資料も存在してはいるが、これはきわめてまれな例であり、一般的には両者で異なっていると見なしてよい)。

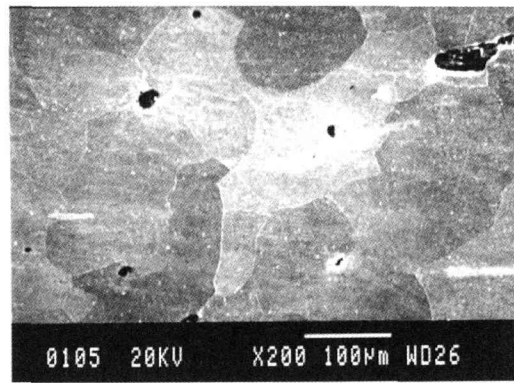
この鉄砲銃身の素材については次のような工程で得られたと推定される。

刀剣 (皮鉄) の素材となる鉄は、現在日本美術刀剣保存協会が操業している「日刀保たたら」の玉鋼にみられるように、「鋳押し」とよばれる、鋼を原料の砂鉄から直接製錬して得る方法で作られているとみてよい。この場合、金属鉄は半熔融状態で生成するため、多くのスラグが混入し、鉄-チタン酸化物の鉱物が鉄中に残留することになる [鈴木, 1990]。

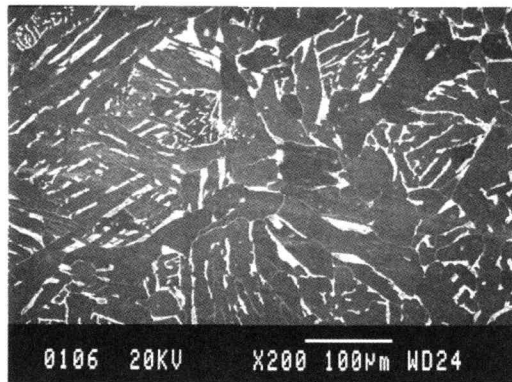
一方、鉄砲銃身の素材のような軟鉄 (庖丁鉄) は、刀剣の素材とは異なる製錬・精練工程を経ていると考えられる。砂鉄を原料としつつ、生成物中に鉄-チタン酸化物鉱物を含まない鉄素材ができる方法としては、「銃押し」とよばれる製錬技法で作った銃鉄を「大鍛冶」によって脱炭するという工程が想定できる [山田, 1918; 俵, 1933; 齋藤ら, 2006]。その場合、製錬によって生成した銃鉄は熔融状態となり、同じく熔融状態にある、砂鉄に由来する鉄-チタン酸化物を含むスラグは比重の違いによってこれと容易に分離され、金属鉄中にはほとんど残らないのだと推定される。図 5g に示した、資料 TSG-3-03 の介在物中にごく微量検出された鉄-チタン酸化物 (ウルボスピネル) は、製錬で銃鉄が得られた段階で、砂鉄由来のチタンを含むスラグがわずかに残留していたものであろう。このことはまた、このような鉄素材であっても、やはり砂鉄を原料とする鉄製錬工程によってつくられたことを示す傍証になると思われる。



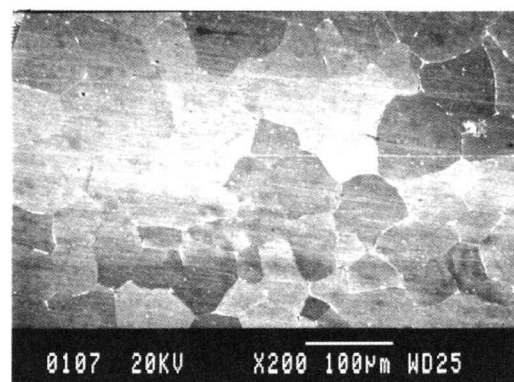
a. 資料 TSG-1-04 (C : < 0.1%)



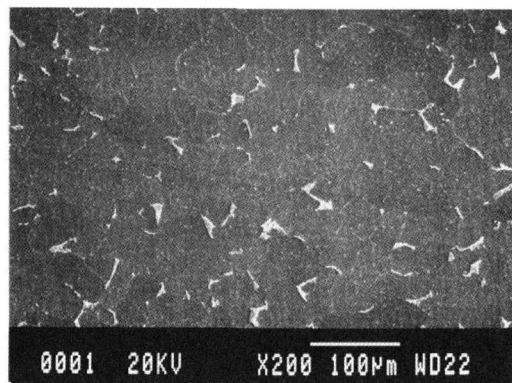
b. 資料 TSG-1-05 (C : < 0.1%)



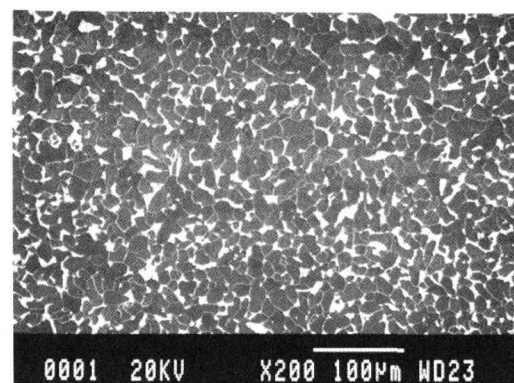
c. 資料 TSG-1-06 (C : 0.2%)



d. 資料 TSG-1-07 (C : < 0.1%)



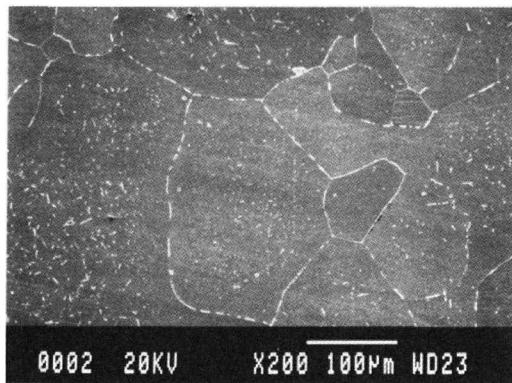
(C : 0.1%)



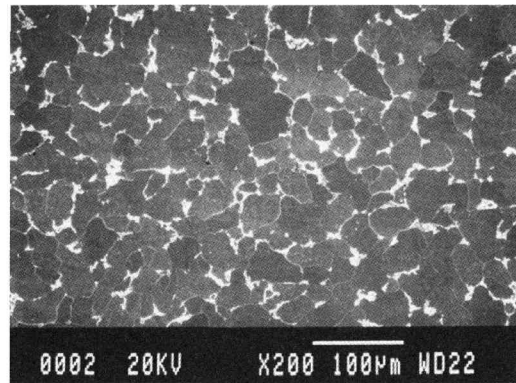
(C : 0.2%)

e. 資料 TSG-3-01

図8 資料の金属組織と炭素濃度1

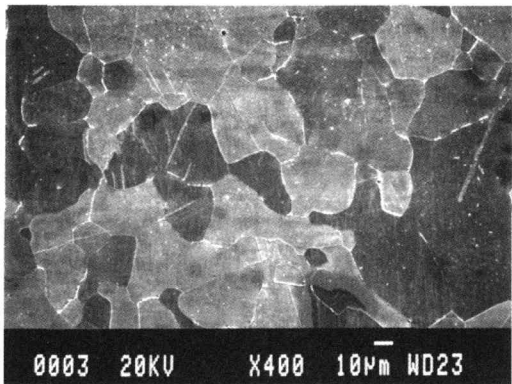


(C : 0.2%)

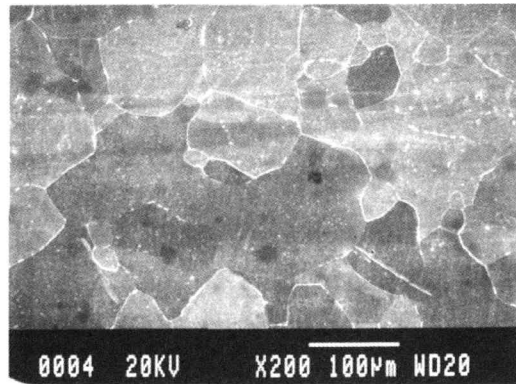


(C : 0.2%)

f. 資料 TSG-3-02

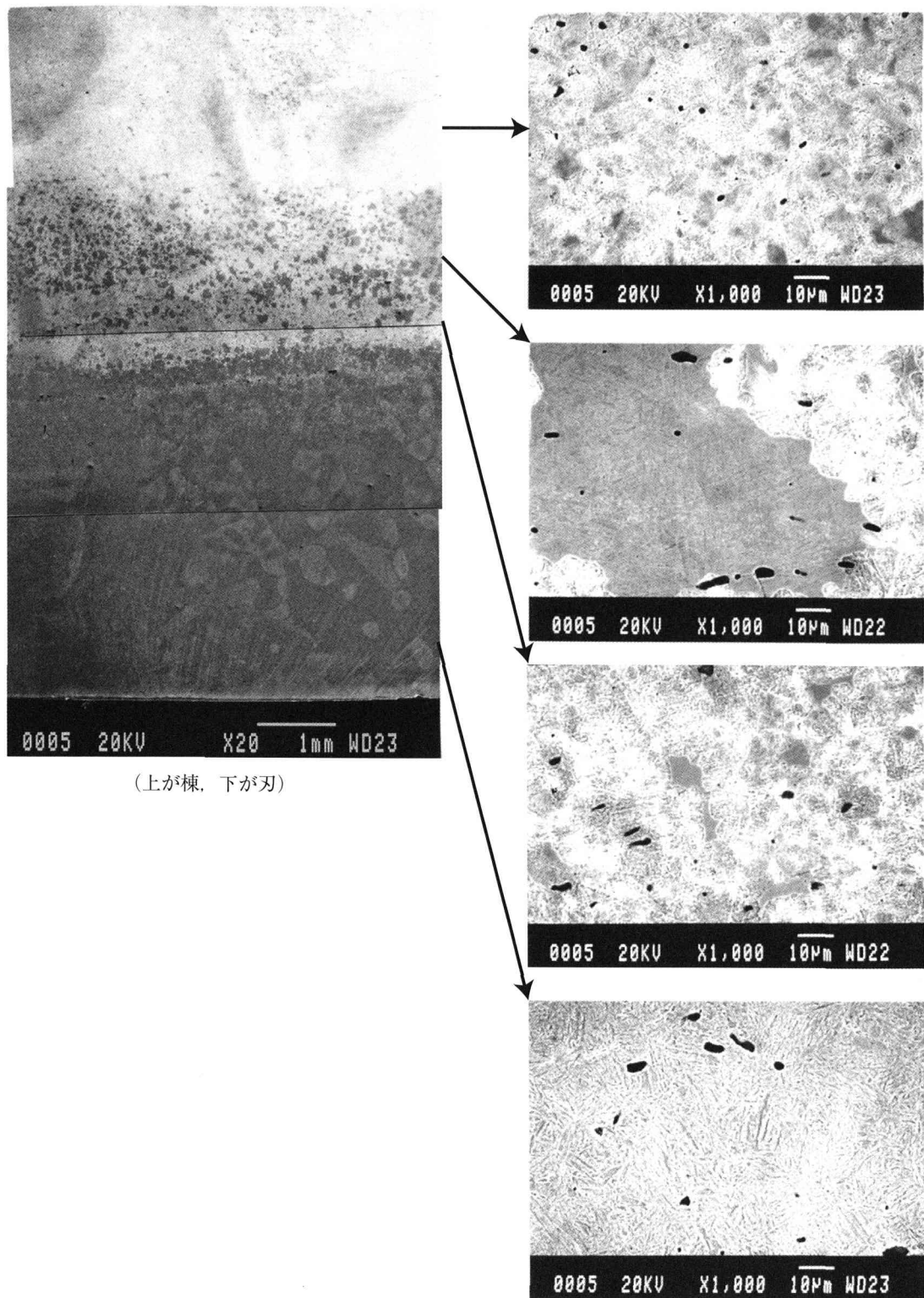


g. 資料 TSG-3-03 (C : < 0.1%)



h. 資料 TSG-3-04 (C : < 0.1%)

図8 資料の金属組織と炭素濃度2



(上が棟, 下が刃)

i. 資料 TSS-1-01 (C: 0.6-0.7%)

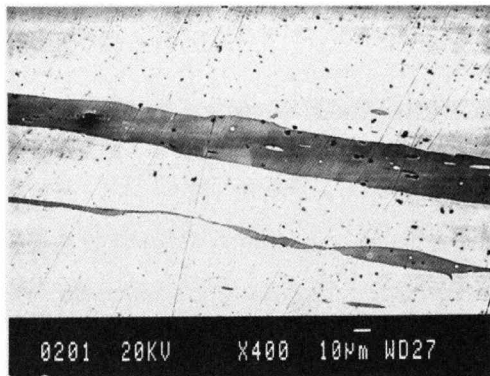
図8 資料の金属組織と炭素濃度3

3.4. 外国銃の介在物

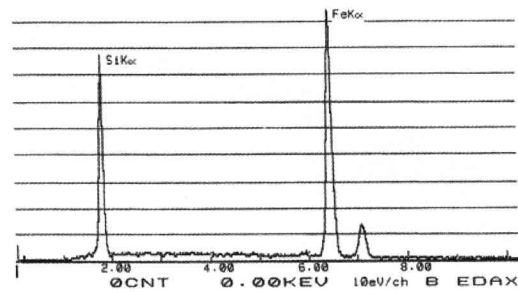
2資料の分析を行った(図1i, 資料 TSG-2-02, 図1j, 資料 TSG-2-03)。どちらも銃身表面に観察される介在物は和銃に比べて圧倒的に少なかった。介在物は長軸方向に延びている(図9a, b)。介在物の鉱物組成は鉄マンガン硫化物や鉄カンラン石が大部分を占めており(図9a, b), コークスを燃料とした高炉によって銑鉄を製錬した後に炭素濃度を下げることによって鉄素材を得たのではないと思われる。

炭素濃度については, TSG-2-02(図1i, 図10a, 図10b, 資料 TSG-2-02)は炭素濃度が約0.4%と高いが, TSG-2-03(図1j, 図10c, 資料 TSG-2-03)は炭素濃度0.1%程度の軟鉄が使われていた。

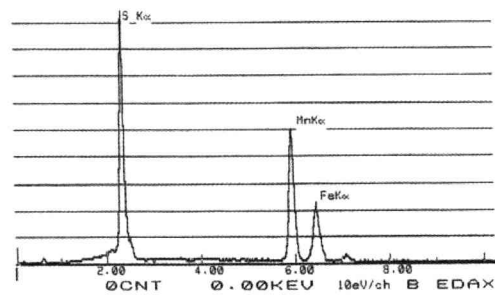
介在物が長軸方向に延びており, また図10aのように鍛接面とみられるスジが観察されているので, 鍛接・鍛造した鉄を素材にしていると判断できる。ただし, この銃が, 和銃と同様に縦方向に筒を巻いて作られたのか, あるいは鍛接した鋼を丸棒にしたものを素材にしたのかは不明である。このスジの周辺では少し炭素濃度が低くなっている(図10b)が, これは鍛接加工の過程で二次的な脱炭が生じたものと思われる。



(介在物反射電子像)

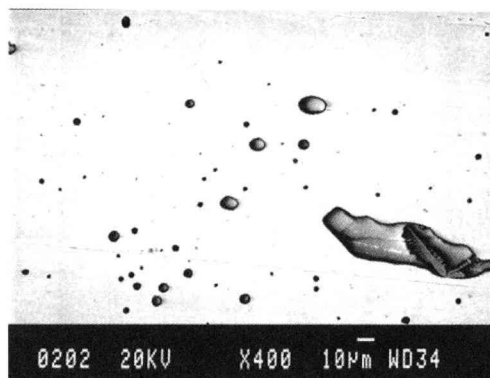


(灰色部分の元素組成 (鉄カンラン石))

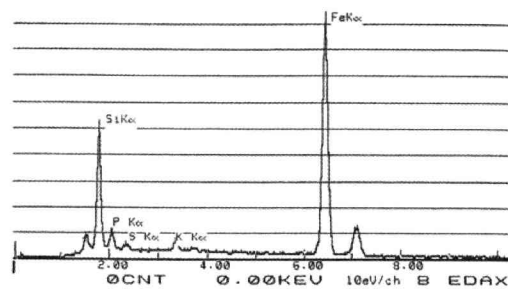


(マトリックス部分の元素組成 (鉄マンガン硫化物))

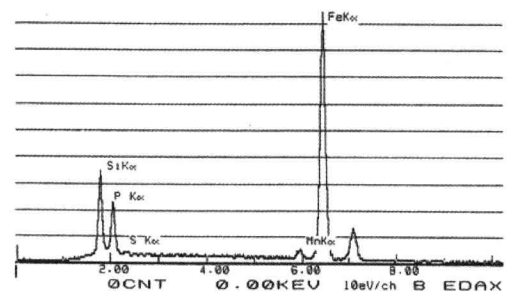
a. 資料 TSG-2-02



(介在物反射電子像)



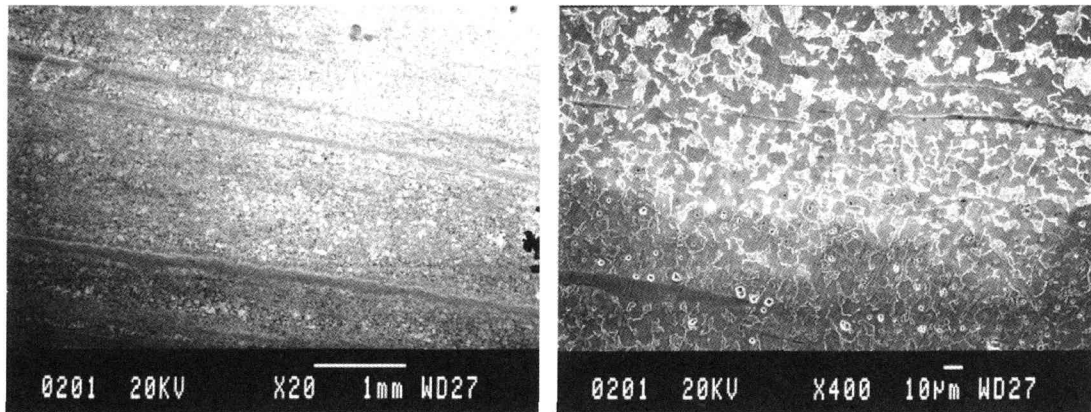
(マトリックス部分の元素組成 - 1)



(マトリックス部分の元素組成 - 2)

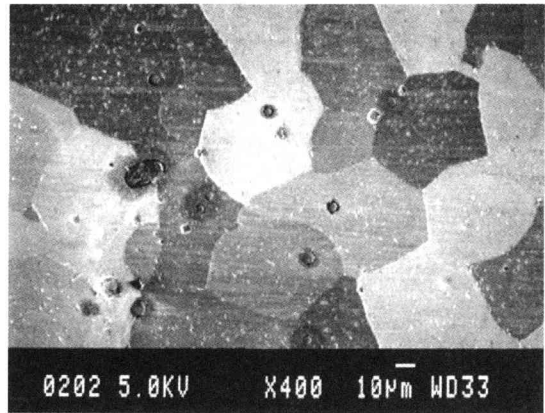
b. 資料 TSG-2-03

図9 介在物の化学組成分析結果 (外国銃)



a. 資料 TSG-2-02
(C : 0.4%, 横向きのスジは鍛接面と思われる)

b. 資料 TSG-2-02
(C : 0.4%, スジの周辺で炭素濃度が低くなっている)



c. 資料 TSG-2-03 (C : < 0.1%)

図10 資料の金属組織と炭素濃度 (外国銃)

まとめ

鉄炮および刀剣の非破壊的な分析から以下のことがわかった。

1. 介在物が引き延ばされた方向から、鉄炮の製作法を記した文献にみえる主要な2つの銃身製作法である「鑑鈍張」と「巻張」によって作られた銃を検出することができ、この分析法によってこれらの製造技術が識別できる場合があることがわかった。
2. 刀剣は介在物中に鉄-チタン酸化物の鉱物を含むのに対し、分析した大部分の鉄炮(和銃)では、介在物として鉄、ケイ素、リン、カリウム、カルシウムを主体としチタンをほとんど含まない、刀剣の素材とは異なる鉄が使用されている。また刀剣が心鉄として0.1～0.3%、皮鉄として0.5～0.7%程度の鋼を使用するのに対し、鉄炮の銃身は炭素濃度が<0.1%～0.2%ときわめて低い、ほとんど軟鉄といってよい素材で作られており、この点でも刀剣と鉄炮には大きな相違が見られる。
3. 分析資料の中に、明らかに介在物中に鉄-チタン酸化物を主要鉱物として含み、日本刀と共通する素材の特徴をもつものが見つかった。この資料は岡山藩で製作され伝世した、荻野流と考えられる無銘の鉄炮であり、刀鍛冶によって製作されたと推定される。一方、仙台藩に伝世していた、同一の鍛冶職人(鉄炮鍛冶の系譜をもつ久保田宗明)による短刀と鉄炮の分析結果では、短刀の介在物に若干量のチタンが含まれてはいたものの、短刀も鉄炮も、他の鉄炮資料と同様、鉄、リン、カリウムなどを多く含むケイ酸塩を介在物にも鉄素材が使用されていた。これらの分析結果から、鉄炮鍛冶と刀鍛冶では材料調達および製作技法の面で相違があり、本業以外の製品を作る際にも材料の使い分けはしていなかった可能性があることがわかった。
4. 日本で製作された鉄炮の介在物としては、上述のように鉄、リン、カリウムなどを主体とするものが銃身表面にみられるが、外国銃では介在物自体が圧倒的に少ないうえに、鉱物組成では鉄マンガン硫化物や鉄カンラン石が大部分を占めていた。これは、コークスを燃料とした高炉によって銑鉄を製錬したのちに炭素濃度を下げることによって鉄素材を作ったと思われる。このように、分析によって和洋銃砲の介在物組成の違いを見出すことができた。

謝辞

資料を提供していただいた毛利伸氏、中鉢弘氏、法華三郎信房氏に御礼申し上げます。

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(B)(1)「分析化学的手法による前近代金工技術の比較研究」(2001～2003年度、代表：宇田川武久)および歴博基盤研究「歴史資料の材質・製作技法と生産地に関する調査研究」(2004～2006年度、代表：宇田川武久)による成果の一部である。

参考文献

- 宇田川武久（1998）『鉄砲と石火矢』日本の美術 390, 至文堂.
- 宇田川武久（2000）「砲術師と鉄砲鍛冶」『長船町史 刀剣編通史』長船町史編纂委員会編, 第一法規, 442-462.
- 齋藤努, 服部晃央, 高塚秀治（2006）「前近代大鍛冶工程の再現にむけた予備実験の結果について」『考古学と自然科学』53, 37-55.
- 鈴木卓夫（1990）『たたら製鉄と日本刀の科学』雄山閣.
- 依國一（1933）「鍊鐵（庖丁鐵）製造法」『古来の砂鐵製鍊法』丸善, 107-123.
- 千葉一郎（1987）「刀工久保田宗明」『刀工宗明とゆかりの人びと』「刀工宗明とゆかりの人びと」編集委員会編, 一ノ関プリント社出版部, 1-76.
- 所莊吉（1964）「大小御鉄砲張立製作方法」『火繩銃』雄山閣, 215-238.
- 峯田元治, 佐々木稔（2003）「銃身と尾栓の構造から火繩銃の製作法を推定する」『火繩銃の伝来と技術』佐々木稔編, 吉川弘文館, 103-130.
- 山田賀一（1918）「中國に於ける砂鐵精鍊」『鐵と鋼』4, 348-390.

齋藤 努（国立歴史民俗博物館研究部情報資料研究系）

高塚秀治（国立歴史民俗博物館共同研究員）

宇田川武久（国立歴史民俗博物館研究部情報資料研究系）

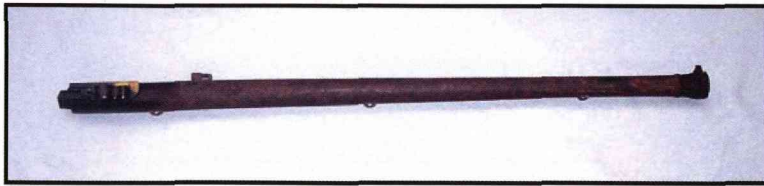
（2006年3月29日受理, 2006年10月27日審査終了）

A Study of Materials and Manufacturing Technique of Barrel of Japanese Matchlock Guns in Edo Period by Non-Destructive Analysis

SAITO Tsutomu, TAKATSUKA Hideharu and UDAGAWA Takehisa

We analyzed metallurgical structure and inclusion on gun barrel and sword by a scanning electron microscope (SEM). The results are as follows;

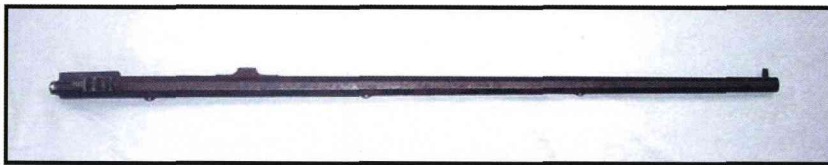
1. We can potentially identify two kinds of gun barrel made with manufacturing methods, *udon-bari* and *maki-bari*, which were main techniques recorded in old school documents.
2. Most gun barrels are made of materials which mainly contain iron, silicon, phosphor, potassium and calcium, and without titanium in inclusion. Their carbon contents are <0.1% to 0.2%. These aspects are different from materials of iron swords.
3. We find an barrel made by swordsmith contains iron-titanium oxide and being same characteristics as general iron swords, and on the contrary, also find a sword made by a smith in family tree of gunsmith contains iron, silicon, phosphor, potassium and calcium, and without titanium in inclusion. From these analytical results, it is assumed that the materials and manufacturing technique between swordsmith and gunsmith are different.
4. Foreign guns have distinctly few inclusion and their inclusion contains mainly iron-manganese sulfide and fayalite.



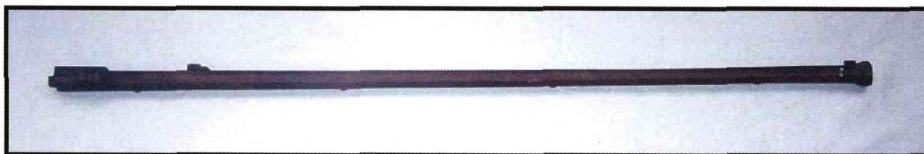
a. 資料 TSG-1-04



b. 資料 TSG-1-05



c. 資料 TSG-1-06



d. 資料 TSG-1-07

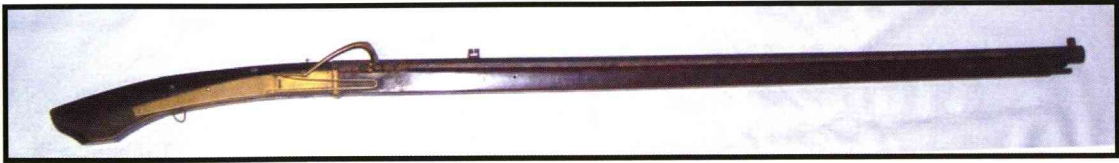


e. 資料 TSG-3-01

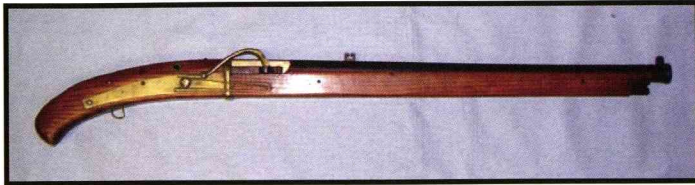


f. 資料 TSG-3-02

図1 調査対象資料



g. 資料 TSG-3-03



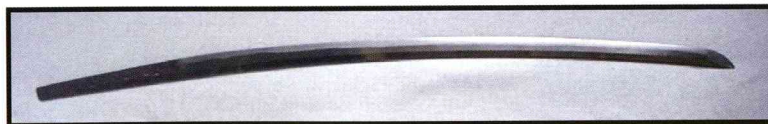
h. 資料 TSG-3-04



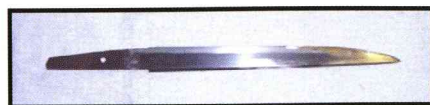
i. 資料 TSG-2-02



j. 資料 TSG-2-03

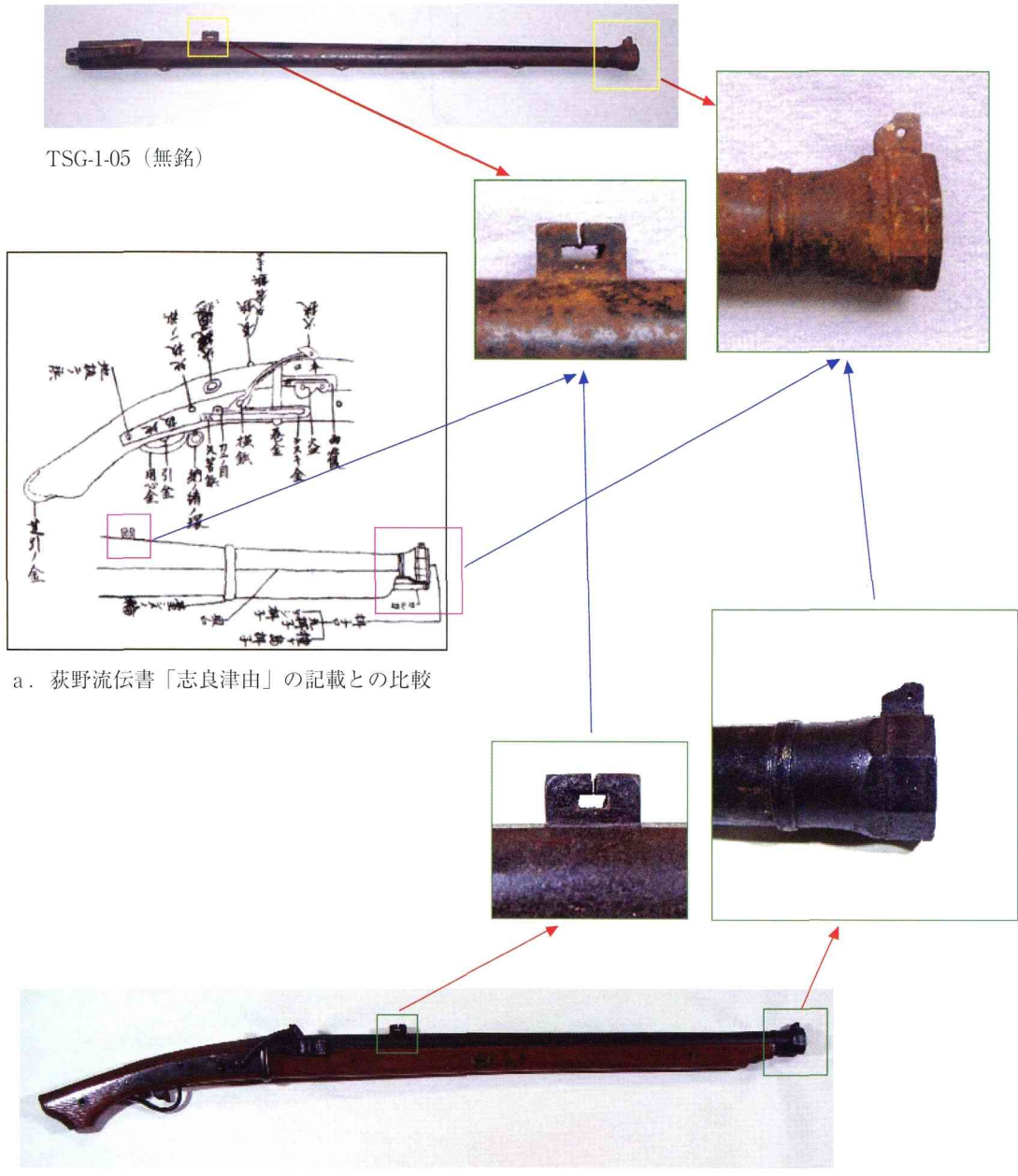


k. 資料 H-1553-1



ℓ. 資料 TSS-1-01

図1 調査対象資料



TSG-1-05 (無銘)

a. 萩野流伝書「志良津由」の記載との比較

b. 福山城博物館所蔵の備前長船鍛冶作萩野流鉄炮との比較

図7 資料TSG-1-05と関連資料