

# 慶長16年芝辻砲の材質・構造について

メモ) 鉄本 2022.08.08

当博物館に展示されている芝辻砲(レプリカ)は、当時世界に類を見ない技術で製作されているにも拘わらずあまり注目されていません。「日本の産業遺産」収録の論考「芝辻砲の材質と構造」佐々木稔/大橋周治共著を要約する形でその特徴をまとめました。(熱処理と鋼組織の専門用語は出来るだけ使わないようにしました。)

## 1. 芝辻砲の仕様

- ①重さ・長さ           重さ:約1.7t   全長:313cm
- ②砲口径・玉径       砲口径:93mm   玉径:1貫150匁 (徳川からの注文は1貫玉)
- ③作成者               芝辻理右衛門助延

## 2. 考古遺物としての意義

層成砲(板状の鉄素材を鍛接し複数層に重ねて形成した砲身)の発明、製作は欧米では19世紀に入ってからであり、芝辻砲は世界に先駆けて製造された大型層成砲である。

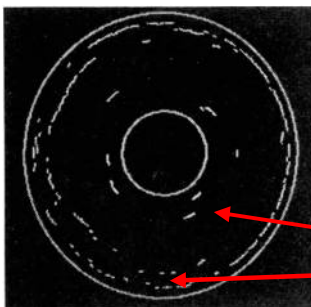
## 3. 芝辻砲の構造調査

芝辻砲が鉄を素材とした層成砲であることを確認するための調査を実施。

### (1)超音波測定法などによる構造解析

鍛造品であれば、鍛接部に微小な空隙や酸化被膜が残される。これを調べるために超音波測定法を適用。以下が調査結果である。

#### ①鍛接有無の検出=超音波の障壁(超音波が反射する空隙や酸化被膜)



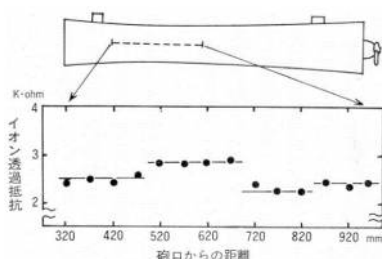
- ・砲身の表面に近い部分に多くの障壁を観測
  - ・砲口部内壁にも7カ所の障壁を観測
  - ・障壁が同心円周上に分布
- ⇒ 多層構造(同一厚さの鉄片を「瓦付け法」により鍛接)を意味する。
- 「障壁」:空隙や酸化被膜によって超音波が反射した信号

#### ②鉄片の大きさ・厚さ

- ・超音波の反射深さの分布から、鉄片はほぼ150mm×200mmの矩形が推定される。
- ・厚さは30.3mm程度と推定される。

### (2)錆皮膜の測定=イオン透過抵抗値の変化を見る

砲身上の錆皮膜は、大砲作成時の錆と製作後の経年による錆の混合物である。砲身に電流を流し抵抗値を砲身の長手方向に測定した結果は次の通り。



- ・イオン透過抵抗値が、150mm~200mmごとに段階的に変化
  - 砲身の円周方向にも同じ傾向が見られた。
- ⇒ 超音波測定法と同様に、「瓦付け法」による鍛接を推定

### (3)ファイバースコープによる砲筒内部の観察

内壁の数カ所で錆がリング状に膨らんで生成されていることを確認。

⇒ 長さの短い鉄の輪を順に鍛着して長い真筒を製作する方法に起因

\* 右の砲筒内部写真は、日本銃砲史学会 中江秀雄氏撮影のもの



## 4. 材料の解析

芝辻砲が鍛造か鋳造かを明らかにするため、砲口と砲尾の2カ所からごく少量の鉄片を採取し調査したところ和鉄を素材にした鍛造砲ということが判明した。

### (1)試料の採取と調査目的

①試料 砲身の真筒から6片(0.04g)、砲身の最外縁から4片(0.05g)を採取

②調査目的 i 金属組織の解明 ii 非金属介在物の有無

### (2)金属組織

比較的硬度が低く、最も安定した鋼の組織であるパーライト相が全体を占めている。平均炭素量は砲口部で0.2%、砲尾部で0.1%と推定される。芝辻砲の砲身には低炭素鋼が使用されており、パーライト相が析出する温度域を非常にゆるやかに冷却(焼きなまし)して製作されたと推定される。

\* パーライト; 0.01~0.02%の炭素量の鋼を900度前後に熱し、徐々に冷やすと得られる。

### (3)非金属介在物

鉄とチタンが強く検出されており、砂鉄に由来のチタン化合物が見られる。他方で Ca K Al Si の濃度が高く、非晶質珪酸塩(ケイ素と酸素の結合体に金属イオンが結合した化合物。輝石や雲母など。ガラス化することが多い。)が見られる。鋼の精錬工程で脱炭材として砂鉄を、造滓材として貝灰や粘土の混合物を使用したことに起因する。芝辻砲に用いた地金は、たたら製鉄法による国産軟鉄(和鉄)である。

【参考】砂鉄とは; 磁鉄鉱、赤鉄鉱、チタン鉄鉱などが風化によって細粒化した鉄鉱石。

## 5. 強度

大砲は、火薬の爆発力によって砲身が破壊されないこと、及び、砲身内部が変形しないことが必須条件である。

(1)脆性破壊 芝辻砲の鉄片から確認できた組織からは脆性破壊が起こる可能性があるが、鍛造による多層構造であるため、層間で応力が緩和され亀裂の広がりが抑えられると考えられる。

【参考】材料の変形には、弾性変形と塑性変形がある。前者は力を取り除くと元の形に戻るもの、後者は力を取り去っても変形したままの形を保つものである。材料が外力により塑性変形を生じないまま起こる破壊を塑性破壊という。材料としては黒鉛や鋳鉄に見られる。

(2)耐圧強度 火薬の爆発力への強度は、材料の強度、砲身の外径と内径の比によって決まる。芝辻砲の場合、理想強度の9割を示しており、外径・内径比は理想に近い比率になっている。

【参考数字】材料の降伏強度=40kg/mm<sup>2</sup> 外径=290mm 内径=90mm 外内径比率=3.2

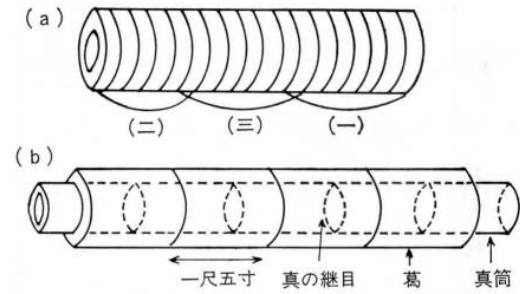
\* 降伏強度; 材料に力を加えた場合に塑性変形が生じる限界までの強さのこと

## 6. 製作法

製法は秘伝であったため製法を伝える文書が江戸後期まで存在していないが、文政年間に国友一貫斎藤兵衛が標準規格化した大砲製作法を記述している。

一貫斎が示した製法は、

- a. 真筒(しんづつ 内筒のこと)の製作
- b. 真筒を捲き締める「真しめ」からなる。



国友一貫斎による真筒の製法説明図

<製作手順>

- ① 鉄輪を接合して1尺5寸にしたもの(一、二、三の筒)を作る。  
これを真筒の長さ分だけ数個用意する。
- ② 1尺5寸の筒を図(a)のように、順に鍛接する。2つの筒の隣同士部分には接合のための別の鉄輪をはめる。
- ③ 図(b)のように、真筒を葛(帯状の鉄)で捲き締める。真筒の継ぎ目が葛の中心線にくるように捲く。

## 7. 芝辻砲の評価

慶長年間に徳川幕府は、オランダ、イギリスから70門余の大砲を輸入している。それらは、すべて青銅製か鑄鉄製である。この事実は、芝辻砲が和鉄を使用した鍛造製であることが、いかに特異であるかということを示している。欧米で層成砲が発明、製作されるのは19世紀に入ってからであり、芝辻砲が先駆的な技術によって製作されたものであることは、当時の日本の産業技術の1つが世界的水準にあったと言える。

### 【参考文献】

- ・「日本の産業遺産」I 産業考古学研究 山崎俊雄・前田清志編 玉川大学出版部 1986  
収録の「芝辻砲の材質と構造」 佐々木稔・大橋周治
- ・「堺鍛冶による世界最大の火縄銃と大砲」 吉田豊 堺市博物館研究報告第32号
- ・「芝辻砲」 日本鉄砲史学会 中江秀雄
- ・「鑄鉄砲の歴史と技術問題」 新井宏 鑄造工学第76巻 2004
- ・「日本鉄砲の歴史と技術」 宇田川武久編 雄山閣 2013

### 【参考データ】

日本最古の製鉄は、6世紀後半に始まった岡山県総社市の千引カナクロ製鉄遺跡である。製鉄に使われた原料は、歴史の時間軸としては、磁鉄鉱⇒塩基性(赤目)砂鉄⇒真砂砂鉄の順であり、これは還元技術の難易度が反映している。砂鉄には、真砂(まさ)砂鉄と赤目(あこめ)砂鉄の二種がある。前者は磁鉄鉱系を主成分とし不純物が少ないが母岩中の鉄含有量が少なく、また、融点が高いため高温の炉を必要とする。後者は不純物が多いが鉄含有量が多く、溶けやすいため早い時期から広く使われた。

