

一貫斉国友藤兵衛と気砲*

沢 田 平**

出 水 力***

1. はじめに
2. 気砲製作の経緯
3. 気砲の構造と性能
4. 現存気砲と一貫斉の文書資料
5. 気砲の機械工学的考察
6. 結びにかえて

1. はじめに

一貫斉国友藤兵衛は能当あるいは重恭とも名のり、眠龍とも号したが、ここでは以下、一貫斉と記すことにする。一貫斉の生地江州国友は摂津の堺と並ぶ我国最大の鉄砲生産地であり、彼の家も代々鉄砲鍛冶を業としていた。一貫斉はこの国友鉄砲鍛冶集団を代表する技術者（銃工）であることはもちろん、むしろ江戸期を代表する科学者といった方がふさわしい人物であった。

一貫斉に関する研究は銃砲史研究の大先達有馬成甫の『一貫斉国友藤兵衛伝』（昭和7年）に帰するが、まだまだ未解明の部分も多く、ここで扱う気砲もその1つにあげられる。江戸期の銃砲といえば火縄銃を意味するが、和時計などと共に当時の機械技術水準を示す代表的な製品であり、その構造や製作法などもかなりよく調べられている。

気砲は火縄銃技術の延長上にありながら、その具体的な中味に立入った研究は従来ほとんど行なわれていない。ここでは気砲の製作をめぐる技術者一貫斉の果たした役割に焦点を当てて報告を行ない、あわせてその機械工学的な評価を試みた。

* 1985年7月13日受理，機械，科学技術，日本，江戸，国友藤兵衛

** 堺鉄砲研究会

*** 大阪府立藤井寺工業高等学校

2. 気砲製作の経緯

一貫斎の交友関係は広く、彼の残した記録からみて、多くの知識人と交流を結んでいたことが伺われる。気砲製作の動機も蘭方眼科医として盛名のあった山田大円との邂逅がもとになっている。一貫斎が親戚筋の次郎助に与えた手紙では、

右大円と申医者は、目之療治之事は誠に口者にて御座候。尤膳所之御抱之医者にて候所、当年御当地之罷出候所、日々之病人凡百人より百八十人も有之、先江戸・京・大阪に無之と申事に御座候。私共誠に兄弟の様心安仕候儀は如何様之儀にても阿蘭陀之事工夫被致候間、折々油を掛けに罷出申候。(文政元年11月10日付)⁽¹⁾

とある様に、一貫斎は大円より蘭学に関する知識を得ていた。また両者の交流は文化14(1817)年京より江戸に居を移す以前、すなわち京在住の折から続いていた。したがって一貫斎が、気砲の存在を知った文化11(1814)年、大円は京にあった。

気砲の原理や構造の概略を知った一貫斎は文化11年から同13年までの間に、いろいろ試作を行い、気砲の製作に自信を深めていることは次の彼の手記からうかがうことができる。

初発山田大円老蘭人に承候由。文化十一戊年同人より造方伝来を請、夫より色々雛形を拵相伺相談仕候処無相違出来仕候工夫相調、同十二亥年小笠原相模守様大阪御家番之節、右風砲出来方伝来を請工夫仕候段奉申上候処、試に尅挺被仰付、夫より於国元取掛り申候処、同十三子年御呼出付出府仕細工之儀打捨置候処、文政元寅年中春大円老出府に付右之段々御屋敷様之被奉申上候処試に尅挺被為仰付、難有早速取掛り候。⁽²⁾

この文中「風砲」とあるのは気砲のことで、蘭語の「ウインドルウル」の直訳から命名された。一貫斎は後にこれを「気砲」と改めるが、そのエネルギー源ともいえる作動物質の空気に着目したためであろう。なお本論では以下すべて気砲と記述した。

文化13年に一貫斎は江戸に呼出されているが、これは彼を中心に巻き込んだ「彦根事件」⁽³⁾の裁きのためである。彦根事件の発端は年寄、年寄脇、若年寄、平鍛冶の序列で鍛冶集団の支配を4人の年寄が行っていたが、内実はホワイトカラー化した年寄は注文を受けるだけで、実際の仕事は年寄脇以下にやらせ、手を汚さずに上まえをはねていた。したがって江戸初期以来の鉄砲鍛冶マニファクチュアの年寄支配は形骸化していたのである。事件の発端は、年寄脇の一貫斎が年寄を通さず彦根藩の注文を受けて二百目玉の大筒を製作したことにあった。裁判の結果は一貫斎の勝訴に終り、国友鍛冶の年寄支配は解体され、能力のある鍛冶が重用される契機ともなった。

またこの事件のため江戸滞在は、一貫斎にとって江戸留学あるいは工場視察(技術伝習)とも

(1) 一貫斎文書第204号(国友英之丞氏蔵)。

(2) 一貫斎文書第18号。

(3) 所莊吉「国友資料による彦根一件」『銃砲史研究』第35号、銃砲史学会、昭和46年12月、22～37頁。

いえる絶好の機会を得たのであった。一貫斉の持つ製作技術は鍛冶および象眼が中心であったが、この他に上方の工房を見聞し、技術を磨いたと推察される。彼が江戸で吸収した知識で金属加工に関するもののみ取りあげると、

鋳物蠟法(ろう型鋳物)、錫のこと(錫の加工法)、大極上真鍮・鉄のくさらし伝(表面の酸化処理)、ナクラ砥善悪見様(砥石の判別法)、明珍家之甲ホウ当ての鉄鍛伝(甲冑材料の加工法)、
鉄砂製錬法(砂鉄の製錬)⁽⁴⁾

など(かっこ内筆者注)があげられ、その他に、彼は望遠鏡、水銀、レンズ曲折など20余の技術も習得しており、これらが発明工夫を生む源泉となった。

文政元(1818)年10月5日、日本橋小網町の山田大円の居宅で、一貫斉は初めて気砲の実物を見ることを得た。この気砲はオランダより寛永年間頃將軍家に献上されたものであるが、いつしか破損し幾たびか出入の銃工が修理を試みたが原理を知らぬため、かえって破損を大にしていた。

山田大円は大目付仲川飛弾守から気砲修理の相談をうけ、一貫斉を推せんしたのであった。大円は表向きの修理では、修理に失敗すれば当事者の責任問題となるため内々に預ってきたのであった。一貫斉はこの気砲の分解図を作成しながら修理にかかり、10月7日より始めた作業は1ヶ月余りで終了した。この気砲の図は修理に際して彼が書控えたものが残っているが、実物は現存しない。またオランダ製との説もあるが、確証はない。

気砲の修理成功にひきつづき、老中京極周防守の発注による国産初の気砲が文政2(1819)年3月9日に完成納入された。一貫斉の気砲を試射した周防守は、

是は天下の重器宝、先はつと風聞は不致候様に仕品により候て、御留に相成可も難斗⁽⁵⁾と述べ、機密を必要とする兵器と見ている。周防守が危惧したように、文政3年11月に気砲の製作が禁止されるに至った。

文政2年から3年までの間に一貫斉の製作した気砲は記録によれば、老中京極周防守、越前小笠原相模守、白川松平楽翁、桑名松平下総守、加賀前田家、水戸徳川家、京所司代内藤紀伊守、佐々木妥女、松井一磨、大岡右仲、姫路様、藤堂家、水口藩、中川様など14挺を数える。

これらの一貫斉の製作した気砲は、彼が修理した將軍家の気砲と全く同一様式であることは、文化年間に作ったといわれる雛形に比べて、やはりヨーロッパ製の方が進んだ機構を持っていたのであろう⁽⁶⁾。しかし、一貫斉の気砲は模倣とはいえず、単なる模倣を越えたいわば創造的模倣の域に達していたといえよう。

これについて一貫斉は『気砲記』の序で、

予嘗テ蘭人携来リシ気砲ノコトヲ聞クニ鉄囊中ニ氣ヲ集メ是ヲ銃筒ニ拵続シテ打放之其銃

(4) 有馬成甫『一貫斉国友藤兵衛伝』、武蔵野書院、昭和7年、162～163頁。

(5) 一貫斉文書第205号。

(6) 所莊吉「一貫斉の気砲をめぐる」『銃砲史研究』第39号、昭和47年5月、31頁。

力三四分許ノ板ヲ九尺程ヘダテ試之鉛子忽板ヲ穿ツ勿論火薬ヲ不用火繩ヲ不仮誠ニ奇々妙々之術也然レトモ其制ニ発ニテ氣皆散尽ス三発ハ打難シ故ニ武用ノ備ニナラズ(中略)余其機巧ノ術ニ感シ若シコレニ工夫ヲ加エハ武用万分之一ニモ補ヒ無ニアラズト千辛万苦其理ヲ推窮メ且知己之人山田大円子ニ謀リ蘭人旧制ノ上エ別ニ新意ヲ加ヘ製作セリ今試ルニ鉛子遠奔リ堅木必貫打放ノ数勝於蘭制数十倍ト云ベシ……⁽⁷⁾

と記し、軍用空気銃の誕生を誇っている。

3. 気砲の構造と性能

一貫斎が威力を高めた気砲は、銃身・機関部・蓄気筒の三つのブロックからなり、それぞれがネジ込み式で結合される(図-1、図-2)。

銃身は丸筒であるが火縄銃の銃身と同様に、瓦金を真金に巻きつけて鍛接する巻張り法で製作され、外部は白檀皮で包まれている。機関部は本体が真鍮で作られ、これに鋼鉄製の地板がネジ付けされ、この上に更に金具と呼ばれる各部品がネジ止めされている。すなわち狐と名付けられた撃鉄、地板、ハジキ金、打込金、蝶ツガイ、蝶ツガイ押、引金、引金押、風貫で構成されている(図-3)。

蓄気筒は銃床をかねるもので底部と開口部は真鍮製であるが、胴本体は後述するが、青銅製であった。通常この部分は金唐皮で包れまている。気砲の最も重要な弁機構は蓄気筒内に挿入され、口金と一体となりネジ込み固定されている。

このほか気砲には蓄気筒に空気を圧入する生氣筒(ポンプ)が付属するが、この作動原理や構造は全く今日の自転車用の空気入れと同じである。気砲が火縄銃と大きく相違する点はストックが肩付け式であることと、各部におびただしいネジ結合が採



図-1 肩付けしている部分が蓄気筒、指の掛けられている部分が機関部、その前のパイプの部分が銃身(『気砲記』より)

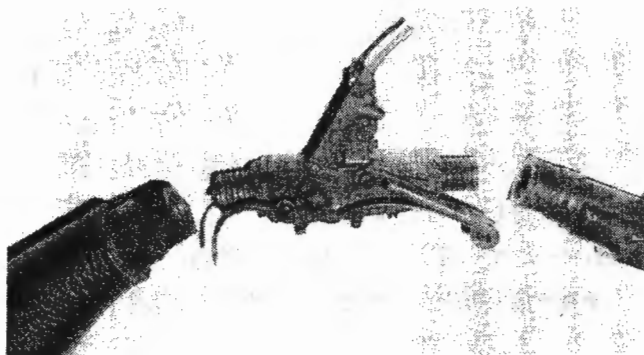


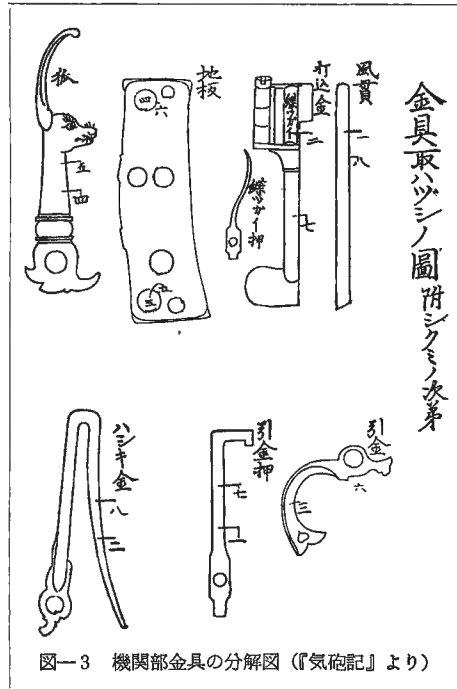
図-2 左より分解された蓄気砲、機関部、銃身(一貫斎作、沢田平所有)

(7) 国友一貫斎『気砲記』(文政2年), 『江戸科学古典叢書』42, 恒和出版, 昭和57年, 173頁所収。

用されていることがあげられる。また気砲の機関部は露出型であるが、この型式はヨーロッパでも珍らしく、17世紀のドイツ製空気銃に多く見られる。したがって将軍家に献上された気砲はドイツ製の可能性も高い。

ヨーロッパにおける空気銃の出現はかなり古く、15～16世紀とされるのが定説であり、初期の物は狩猟用に使用されたようだ。また室内遊戯用や標的射撃用の小口径で威力の少ない空気銃も数多く製作されている。

一貫斉が意図したように空気銃を軍用に利用する努力がオーストリアで行なわれ、時計の技術者B. ジラドニーが1779年に開発した有名なコントリーナー型20連発銃が、よく知られている。それはオーストリア陸軍の制式銃となってナポレオン1世の軍隊に恐怖を与えたといわれる。すなわ



図一三 機関部金具の分解図(『気砲記』より)

ち鑄鉄製のタンク(蓄気筒)に2000回ものポンピングを行ない26～31kg/cm²の高圧にしたもので、口径13mmの鉛弾を20発連続発射が可能とされる。その初速は300m/sec.に達し、有効射程は80～120mであったといわれる強力なものであった。⁽⁸⁾

軍用を目的にすれば当然時間と労力を要するポンピングを効率化するため空気銃部隊には、兵1人に3個の補充用タンクとポンピングマシンを積載した馬車が随伴した。軍用空気銃は1800年以降、装薬銃の性能向上にともない姿を消す道をたどるが、以上のことから一貫斉が修理した将軍家の気砲は威力の少ない射的銃であったと思われる。

彼がこの気砲について先の『気砲記』そして『風砲辨記』の中でも、威力が少なく軍用に役立たないと述べている。しかしこれを一貫斉の認識不足と批判することは、情報が制限されていた背景を考えると酷といわねばならない。

一貫斉はまた『風砲辨記』に、

一度風を込め、玉数十四、五放ち打って杉の一寸板ぐらいまでは貫け、気も暫くはあい保ち候えども、自然気も衰之候につき何ぶん一昼夜ぐらいは保たずしては御用にあいがたと昼夜工夫仕り候。色々相ためし候内、殊に妙法を工夫仕り相試し候処、一昼夜は何の子細なく気止り、それより猶また段々工夫仕り、当時にては十日廿日ぐらいは子細なく気止り申し候。⁽⁹⁾

(8) 前出(6)。

(9) 一貫斉文書の中に含まれ、表紙題字には『御風砲辨記』と記載されている。

と述べ、つきるところ高圧に耐える蓄気筒と気密を保ちえるバルブ機構の工夫に成功したのであった。

彼は蓄気の量、すなわち蓄気筒内部の圧力を知るため一定のポンピング毎に計量する方法を実行している。

天保五年六月廿一日 佐々木妥女殿、口袋底仕立申さず六百弐拾匁あり、

百 六匁

二百 五匁

三百 四匁五分

四百 三匁

五百 三匁

五百七十五 二匁 〆て二拾三匁五分⁰⁰

と計量されている。ここで百、二百……とあるのはポンピング回数、六匁、五匁……は各ポンピング毎に蓄気筒に貯えられた空気の重量を示す。蓄気筒の自重は 2325g、575回のポンピングで 88.1g の圧縮空気が蓄気されている。

一貫斉がこのような計測を行う背景には、少なくとも空気に重さのあることに気づいておらねばならず、それについては蘭学を通して学んだように思われる。

彼の計量の記録は天保5（1834）年のもので、これより約10年前の文政8（1825）年、蘭学者青地林宗の訳述したわが国最初の物理学書『気海観瀾』に空気の物理的性質が記述されていた。この本によって空気の重さと圧力の関係を知ったと推測するのは可能であろう。

『気海観瀾』は「気の重を有す、以て地を圧す。銚気管以て之を験す可し」と述べ、トリチェリーの実験の説明と付図で、空気に重さがあることを証明している。また衰気（蓄圧）については、

氣を衰むるの器は、其の機、排気鐘の如し。而して其の開闔を反す。此を用ひて氣を衰め、其の稠厚を致すこと数十百倍に至れば、絞束の如く然り。風銃も亦氣を衰むるの器なり。機を放ちて丸を射す、勢ひ火薬の如し。即ち氣の張力なり。⁰⁰

と、気砲そのものの特性を述べている（傍点筆者）。

4. 現存気砲と一貫斉の文書資料

全国調査によって現存が確認されている気砲の所在地および数量（昭和57年末現在）
 東京靖国神社宝物館に「加州住国友治郎助重規作」「加州住国友重規作」在銘品2挺
 京都市吉岡コレクションに「江州国友藤兵衛能当造之」在銘品1挺 無銘品1挺
 滋賀県国友源重郎商店に能当在銘品1挺

(00) 一貫斉文書第21号。

(1) 青地林宗『気海観瀾』、『日本科学古典全書』第6巻、朝日新聞社、昭和53年、22および25頁。

愛知県刈谷市内に無銘品 2 挺

愛知県一宮町林家に無銘品 1 挺

長野県松代真田宝物館に「安政六未天龍子片井京助 花押」 在銘品 1 挺

長崎県平戸市松浦史料博物館に能当在銘品 1 挺

東京都中野区の弁護士宅に無銘品 1 挺

群馬県安中市古銃館に無銘品 2 挺

埼玉県浦和市内に「保敬作」在銘品 1 挺

香川県高松市高松城内松平公益会陳列館に「文政七甲年正月造之 久米栄左衛門作」在銘品 2 挺

東京国立博物館に「江州国友藤兵衛能当造之」在銘品 1 挺 無銘品 1 挺

大阪市南区日本橋の武具刀剣商宅に無銘品 1 挺

大阪府堺市内の武具刀剣商宅に能当在銘品 1 挺

鹿児島県西之表市、種子島開発総合センター鉄砲資料室に無銘品 1 挺

鉄銃砲研究会資料室 能当在銘品 1 挺 無銘品 3 挺

現在20挺以上の気砲が確認されたが、まだまだ各地に人知れず蔵された気砲があるはずであり、その数は予想さえできない。一貫斉以外にも讃岐の久米栄左衛門や信州の片井京助などの空気銃の考案はよく知られている。しかし後者を含め後に作られた気砲の多くは一貫斉の影響によるもので、機構やデザインは『気砲記』の絵図を基本としている。

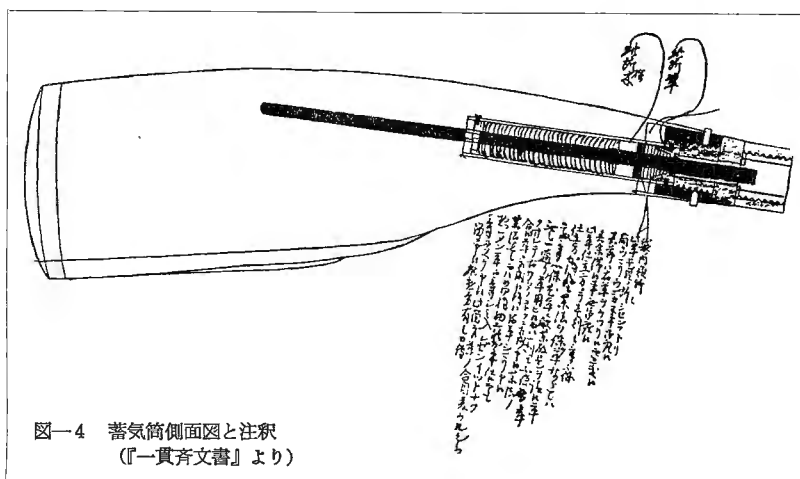
『気砲記』は一貫斉自筆の巧みな絵図に解説を付したもので、著述の年記は文政2年春とあるが、その内容は文政3年辰3月の奥付年記のある『風砲辨記』の抜粋であって、風砲を気砲と改称したのも文政3年以降であろう。

『風砲辨記』の内容は、玩具にすぎないオランダ渡りの気砲に工夫を加え軍用に威力を高めたことを述べる序文に始まり、機関部部品分解図、機関部全図、生気筒(ポンプ)、風袋(蓄気筒、ボンベ)、操銃図などが画かれた詳細な取扱説明書というべきものである。

これに対し『気砲記』は、気砲の実物に接することもなく、まして気砲を所有することなど及びもつかぬ人々の訪門を、婉曲に門前にて謝絶するためのもので「門前払本」とでも名付けるべきである。その内容は序文について気砲の全体図が画かれ、辨記と同様の気砲各部の図が整然と示されている。解説文は辨記のていねいな候文とはうって変り簡潔で短い。使用法や手入法を説いてはいるが不十分である。ましてや製作法を示すものでは決してない。

『風砲辨記』と『気砲記』には共通した一点がある。それは一貫斉が気砲の製作研究上もっとも苦心したという、蓄気筒の弁部の構造や作動について全く触れていないことである。一貫斉文書の中には蓄気筒の断面図が画かれたものがあり、弁部も示されているが詳細に構造を知ることにはできない(図-4)。

しかし同図には、特に次の様な注釈が書き込まれている。



袋ノ内難所、此革是程ノ所シセンフトリ筒ニツマリウゴカヌ事御座候、其節ハ右革ヲケツ
 リ候而宜敷候其余滞候事無御座候、此革仕立方ニテ壹刻モ氣不保、仕立方心得候而も葉法
 ヲ保ツ革ナラデハ是又氣不保、尤革ニ敵葉故、是ヲ請候革無之一通り革用ヒ候而ハ、一刻
 ヲ不保、暫ニ革クサレテ古ワタノコトクニ相成申候葉法ノ合イ候革ニ相成候得者ハ、彌革
 シマリ申候。

これは気密を保つためのパッキン材料に言及するもので、すなわち革のふとりは、ポンピングにより蓄気筒に貯められた空気中の水分が、時間の経過とともに温度が降下して飽和し、結露する過程でパッキン革が水分を吸収するために生じる現象であろう。同様に生氣筒（ポンプ）の風継込棒（ピストン）の先端にとりつける風込革にも共通する問題である。

このように一貫斉が公にしなかった蓄気筒の弁機構は、当時現物の分解によってそのノウハウを知り得たと思われるが、並の銃工では現物を手に入れることがむづかしく、容易に行なえるものではなかった。筆者らは気砲の蓄気筒開口部の口金が、製作後百数十年の経過から錆びついたように固着して動かないため無理な分解をされた。

その代りとして現状のまま蓄気筒の弁機構を確認する方法に、X線を使った非破壊検査を試みた（図-5）。その結果、パッキン革は数枚重ねてネジ止めされ、弁の作動にはコイルスプリングが使用されていることが判った。弁および弁座には気密をよくするのにテーパがつけられ、今日のエアコンプレッサの弁と同じ構造であることが理解できた。

5. 気砲の機械工学的考察

気砲の概要を知り得た頃、NHKから朝のニュースワイドで射撃中の模様を紹介したい旨申し入れがあった。筆者らも実射体験ができる好機でもあり、これを受けて昭和58年7月、大阪府泉南市新家の大阪国際射撃場で実射を試みた。射撃場に携行した気砲は次の3挺で、その要

(12) 一貫斉文書「気砲蓄気筒分解図」。

目の次の様なものである(図一6)。

気砲第1号

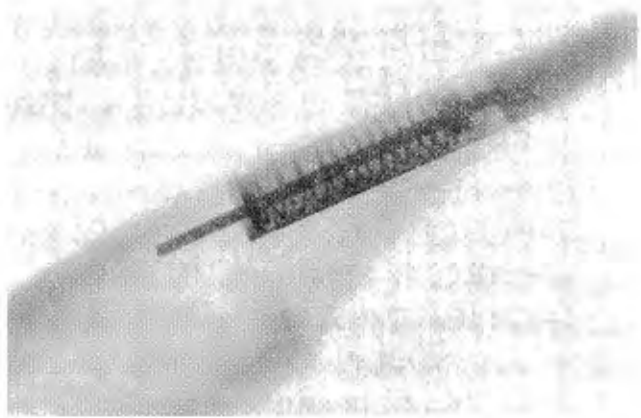
登録証番号(京都府第18492号)

口径 11mm

銃身長 1015mm

全長 1490mm

銘 江州住国友藤兵衛能
当造之



図一5 蓄気弁X線写真(気砲第2号)

銃身および蓄気筒は皮包みで
紀州徳川家の伝来といわれる。

気砲第2号

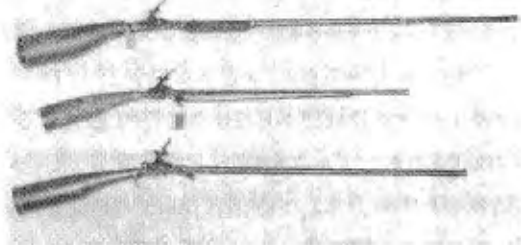
登録証番号(東京都第218623号)

口径 8mm

銃身長 680mm

全長 1060mm

銘 なし



図一6 実験に用いられた気砲, 上より第1, 第2, 第3号

蓄気筒は鹿皮包みで, 銃身内腔は鏡面を
示し, 宇都宮藩伝来という。

気砲第3号

登録証番号(埼玉県第51601号)

口径 9mm

銃身長 810mm

全長 1260mm

銘 なし

蓄気筒は包皮がうせ, むき出しのままで, 工作程度も全体に粗い。

一貫斉の指示するポンピング方法は, 生氣筒(ポンプ)のハンドル部分
を両足で踏まえ, 蓄気筒を上下させている(図一7)。筆者らはこれ
とは逆に自転車に空気を入れる要領で行なったが, 1号気砲は生氣筒
と蓄気筒のネジ山が適合せず除外した。また2号気砲も両者の気密が
不良なため実射していない。今回使用した生氣筒は, もともと3号気
砲に附属していたものである。したがって3号気砲のみ実射したわけ
だが, これでもポンピング回数が200回を越える前に, 蓄気筒の口金



図一7 生氣の図
(『気砲記』より)

部分と本体のネジ接合部から水蒸気が噴出しはじめた。蓄気筒口と生気筒の接合部には新しい皮パッキンを付けたため空気の洩れは感じられない。しかし真夏の日中とはいえ、蓄気筒と生気筒の結合部は手も触れられないほど熱くなり、生気筒を動かす手には次第に重さが増してくるのが感じられる。

『風砲辨記』は、この現象を、

尤も筒あつく相成り重く相成候は、風つまり候て重く相成り候にてはこれなく、熱く相成り内の油乾き候間、重く相成り候。暫く休み候へば、また革に滲みこみ候油、浮きいで候て本の通り軽く相成候。二百五十ほど継込み候えば風つまり、また重く相成り申候。

と述べている。すなわちポンピング回数が増すにつれ、生気筒の端部は圧縮のため過熱され、風継込棒のパッキン革と筒の潤滑特性が低下している¹⁴³。当時は熱に強い鉱物油は存在せず、動植物油しか使用できないためであろう。

また『気砲記』では、

もし上下するに筒やや重さを覚ゆれば、兩人かかりて一人下を踏まえ、一人対座して四手にて上下すべし。

とポンピングの途中から2人がかりで蓄気することを奨めている。

300回のポンピングを終え、水蒸気が蓄気筒の口金部から洩れ続けているまま機関部をネジ込み結合する。そして直径8.5mmの鉛弾をコイン大の布に包み銃口より押込むと、狐（撃鉄）を引き起し撃発準備は完了した。標的まで6mの距離をとり、厚さ1寸の檜板の角的に向って、引金を引くと狐が打込金の頭部を打つが、弾丸は飛び出してこない。これは狐を押す弾金の弾力不足のため、打込金の下端が十分に風貫を押せず、したがって蓄気弁のピンは動かず圧縮空気の噴出がなかったのである。

狐に手を添えて前方に押すと弾丸が飛び出し、角板に約8mmの深さに弾痕が残り、鉛弾ははじかれ行方がわからない。発射の衝撃はほとんどなく、発射音も極めて小さい。蓄気筒の分解修理ができぬまま、製作後百数十年の状態を実射したが、蓄気筒の気密や各部のバネを製作当時の状態に復元すれば、ヨーロッパの軍用空気銃と同様に、その威力は恐るべきものであろう。

このあと昭和60年6月に実射に使った3号気砲について、ポンピング回数と蓄気筒に貯えられる空気重量を求めた。200回のポンピングで7gの増加が測定され、この付近まではほぼ両者の相関は直線性を示した。更にポンピングを続けて計量し、蓄気された空気の重量増加を確認したものの、圧縮された空気は音をたてて蓄気筒と口金の接合部から漏出し、これ以上は計量しても無意味と判断し、ポンピングを停止した。

これは接合部のネジ止めが不完全なことを物語り、逆にそのためこのあと分解困難とされた蓄気筒の口金を簡単に外すことができ、蓄気弁の全様を知ることが可能となった。蓄気弁の構

(14) 曾田範宗『摩擦と潤滑』、岩波全書、1954年、160～164頁。

造(図-8)は図-5のX線写真と比較すればよく判るが、真鍮製の円筒内を通る弁は円錐形で、皮もこれに沿うよう円錐形に重ねられている。そして弁自体は真鍮製のコイルスプリングによって、弁座に密着する構造だが、そのすわり具合は弁のステムに設けられたピッチの細かいネジで調節する様工夫されている。

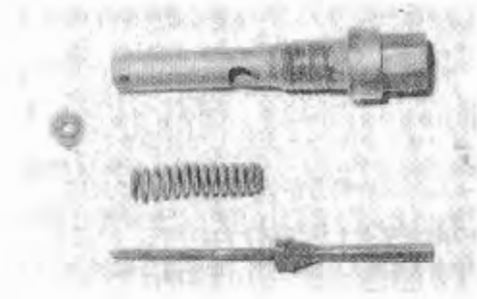


図-8 気砲第3号の蓄気弁の分解写真

また機関部(図-2)は火縄銃に見られないネジ止めが多用されていることから、この頃すでに簡単な手回しのネジ切器械が輸入されていたと考えられる。この器械の構造は幕末期に田中久重が製作した自在捻子切器械に似た極めて簡単なハーフナットと送りネジからなる構造をもつものである¹⁴⁾。そして銃身・機関部・蓄気筒のネジ込み結合は、火縄銃の尾栓ネジに見られるネジ山の角度が120度程度のコースピッチのネジが使用されていた¹⁵⁾。したがってネジそのものの気密は良くなく、それをカバーするのが皮パッキンの大きな役割と思われる。

蓄気筒を一貫斉は風袋、風囊とも呼び、この材質を皮、真鍮と書かれた文献もあるが、いずれも誤っている。これは蓄気筒が皮包みされているためや、口金と底部に真鍮(黄銅)が使われていることからきた誤解である。

包皮のない3号気砲の蓄気筒本体部分は赤銅色を示し、比較的錫の含有が少ない青銅であることは明白で、冷間加工すれば著しく強さが増す特徴がある。これが黄銅ならば加工がむづかしく、使用中に時期割れ(season crack)の可能性も大で、実用には適さない。

青銅板をハンマーで打出し成形された筒は、その継ぎ目を長手方向に沿ってアリ形に組合せた後、ろう付されていた。アリ形でなく直線的な突合せ接合であれば、接合面積が少なくなる分だけ強度は低い。ろう材はこの場合見た感じでは黄銅鑢のように思えたが、銀鑢かもしれない。ろう付条件を考えると銀鑢の方が望ましいように思われる。しかし江戸期の職人のろう付技術の高さを考えると両者の差を議論することはあまり意味がないようだ。

木炭を熱源に黄銅鑢とフラックスにほう砂を使用すれば、還元性雰囲気そしてぬれを促進し最適のろう付状態を作り出していたと推察できる。すなわち木炭の強い還元性は、炭を1000°Cに熱して炭酸ガスを通すと、そのガスの約70%は一酸化炭素に変化し、それは同一条件のコークスの還元性の9倍にもなる¹⁶⁾。

14) 出水力「田中久重の自在捻子切器械」、『産業考古学』14号、1980年。

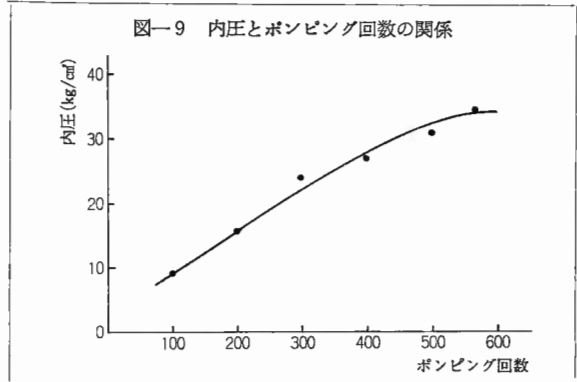
15) 出水力「実験技術史の方法(I)——火縄銃を通してみた江戸期の機械技術——」、『科学史研究』第16巻124号、1977年、194~196頁。

16) ろう接便覧編集委員会『ろう接便覧』、産報出版、昭和42年、342~345頁。

17) 進藤俊爾『鑢付と溶接の話』、論創社、1983年、110~113頁および266~268頁。

18) 岸本定吉『木炭の博物誌』、総合科学出版、1984年、29~31頁および45~47頁。

次に蓄気筒の内圧を調べるのに、先に述べた一貫斎のデータに基づき、温度 15°C、圧力1気圧の乾いた空気をポンピングしたと仮定して計算を行なった。この場合蓄気筒の大きさは沢田の所有する1号気砲とはほぼ同じ大きさと思われるので、その内容積は測定の結果 2100cm³ となり、内圧とポンピング回数の関係は図-9のように求められた。



ポンピング回数300ぐらいまでは内圧の増加はほぼ直線的であるが、それ以上ポンピング回数が増につれ内圧の増加の割合は低下している。これは蓄気筒内の圧力上昇すなわちポンプに対する背圧の増加が、ポンプのもれ損失を増大させ、ポンピング効率の低下を招いている。一貫斎が『気砲記』で、ポンピング途中から2人がかりで蓄気することを奨めているのは、内圧が 24kg/cm² を越えたポンピング回数300~400の頃を意味するものであろう。

計算上最大内圧は 34.3kg/cm² を示すが、この値は空気中の水分を考慮しておらず、実際の最大内圧は 30kg/cm² と推測でき、この値の付近すなわちポンピング回数600までが大人2人で生気筒を押し込む限界と思われる。

蓄気筒の耐圧強度は最大内圧を 35kg/cm² と見積り、「内圧を受ける薄肉円筒は円周応力が最大で、それは軸応力の2倍になる理論」から薄肉円筒の式を近似的に適用した。肉厚を筒の大きさから2mmと推定して計算すれば、最大の円周応力は 17.5kg/mm² となり、一方使用材料は錫を5%含有する青銅なら引張強さは、25kg/mm² を示すので十分な安全率といえる。

同様に実験に用いた3号気砲について実験値に基づき計算すれば、200回のポンピングで内圧は 5.7kg/cm² と極めて低い値が求まった。これは経年変化による蓄気筒口金の漏れ損失が大きかったことに起因しており、正常な状態であればやはり内圧は 30kg/cm² 程度に到達するまで蓄気できたと思われる。

3号気砲の容積 1000cm³、肉厚 1.5mm の測定値を基に、最大圧 30kg/cm² と仮定して計算すれば、最大円周応力は 12kg/mm² と求まり、筒の安全率は3以上となる。したがって江戸期日本で作られた気砲は、オーストリア軍の制式空気銃に劣らぬ威力をもつものと推察できる。

6. 結びにかえて

一貫斎は鎖国という幕藩体制のもとで、蘭学で学んだ知識を駆使し、天体望遠鏡など数々の創造的模倣や独創的な開発を行なった。その1つである気砲は、今日の機械設計あるいは工作技術の手法に極めて近い内容を包含している。すなわち各部の材料の選択や加工法は、玩具の

ようなオランダ伝来の気砲を見ただけで学びえたと思えず、そこに何らかの彼自身の工夫が加えられたに違いない。

また鉄砲鍛冶とはいえ職人に過ぎない彼が現代の科学技術者に匹敵するような『風砲辨記』『気砲記』を著わしていることに敬意を払わねばなるまい。両著作ともに蓄気弁への言及はないが、それは決してそしられるべきことではなく、現在でも先端技術について発表する場合は、常にそのノウハウをぼかして書くのと同じ理由に基づくといえる。まして自ら開発した技術を秘事口伝、一子相伝といわれた江戸期に明らかにしないのは当然である。

しかし蓄気弁については、彼自身のプライベートメモともいえる一貫斉文書に書き残していたことから見て、通常の職人には考えられない正に技術者の発想の持主であったことがうかがわれる。遺憾ながら彼の持つ科学的知識は具体的な形で国友鍛冶集団に伝わらなかったが、日本の近代科学のれい明期に果たした彼の役割は大きい。

〔付記〕今回の報告は筆者ら在野の研究者の調査限界を感じずにはおられなかった。手元に利用できる歪ゲージなどの計測器があれば、より精緻で解析的な報告ができたであろう。いつの日かそのような機会がくることを願って本論を終える。なお本報告をまとめるにあたって木田輝彦(大阪府立大学)、森田恒之(国立民族学博物館)両氏の協力を得たことを記して御礼にかえたい。

Ikkansai Tohbei Kunitomo and His Air Gun

by

Taira SAWADA

(*Sakai Gun Research Society*)

Tsutomu DEMIZU

(*Osaka Prefecture Fujiidera Technical High School*)

During the Edo Era Kunitomo village and Sakai city were the greatest gun manufacturing places in Japan. Tohbei Kunitomo was born in Kunitomo village into a family of authorized gunsmiths. His family had been a committee member of a gunsmith organization for generations, but during the peaceful years of the Edo Era the manufacture of guns began to show a tendency to decline.

Tohbei Kunitomo was a gunsmith with a pioneer spirit. He learned science from the scientists who were studying the Western sciences by means of the Dutch language. He made helioscopes by himself and did astronomical observation and in this sense he was a great scientist.

A well known achievement which he performed in public was the traditionally inspired technique of making matchlock, an unbelievable feat for craftsmen in those days.

The air guns discussed in this study were not mere copies of Dutch air guns in-

roduced from Holland. They were high-powered, long range guns; original designs rather than copies.

The technique of manufacturing air guns does not quite reveal Japanese technology during the Edo Era but it does indicate the growing potential energy toward the modernization of Japan during the national isolation years.