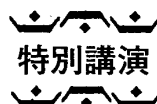


ヒュゲーニンの原料鉄規定と砂鉄鋳



大橋 周 治*

Quality Specification of Pig Iron for Use in Gun-Casting by U. HUGUENIN and Pig Iron Made from Sand Iron Are by "Tatara" Process

Shuji OHASHI

1. 幕末反射炉・鋳砲事業の展開

幕末、1850年代から60年代にかけて、ヒュゲーニンの著書「ゲシュットギテレイ」を手引書として築造された反射炉の数は表1のとおりである。それらの反射炉・鋳砲工場がどの程度の成果をあげたかについては、鋳鉄砲の製造数を比べてだけでも大きな差が認められる。この事業で先駆的役割を果たした佐賀藩は設備規模も最大であつたし、鉄製砲の製作数でも他を大きく引き離している。それだけでなく、元治・慶応年間に入ると、後装・施条のアームストロング砲3門を製作するに及んでおり、輸入の同砲3門と共に戊申戦争では上野・会津・五稜角でそれらが威力を発揮したことは周知のとおりである。佐賀に次いで鉄製砲を多く造っているのは薩摩、鳥取の両藩で、その他は数もずつと落ちる。

もう一つ、経営形態の上から見ると、佐賀・薩摩・韭山(幕府天領)・水戸・長州が幕藩営(現在でいう官営)であるのに対して、島原藩が持っていた飛地領内の安心

院(あじむ)で1855年に始められた鋳砲事業は、地元の大家屋である加来(かく)家による民営、大担に言ってしまうと資本主義経営であつた¹⁾。鳥取県六尾(むつお)の反射炉は、藩の出資・砲図面の提供による注文に基づき、経営は地元の大山林地主で廻般問屋を営む武信(たけのぶ)家に委託されるという藩有民営の形態が採られた。岡山の場合は、藩とはまったく関係なく、老練な大工棟領、尾関滝右衛門と青年医師、塩見小堂との協力によつて行われた。福岡の反射炉は天正(1570~80)の頃以来の鋳物師で、1700年代以降の長崎警備用の石火矢(大砲)を福岡藩に納めてきた磯野家が、藩主の内令によつて反射炉の築造にあたつたものである²⁾。

上述した各地の反射炉・鋳砲工場で当面した技術上の諸問題がどのようにして解決されたかについては省き、ここではこれまでも論争のあつた原料鉄の問題、すなわち国産の砂鉄鋳で砲身破裂を起こさない大砲が果たしてできたのかどうかに焦点をあてて述べる。

表1 幕末の反射炉・鋳砲事業

経営	藩名	工場の場所	最初の炉の着工年月	同操業開始年月	炉野	製砲数 (鋳鉄砲)	摘 要
幕 藩 営	佐賀藩 斐山(天領) 水戸 長州	佐賀・築地	1850(嘉永3)7月	1851(嘉永4)12月	2基4炉	192門 58推定 28 20以下 なし	完成後撤去の1基を除く 反射炉現存 同模型(現寸) 反射炉現存
		佐賀・多布施	1853(嘉永6)9月	1854(安政元)3月	2基4炉		
		鹿児島・磯山	1852(嘉永5)秋	1853(嘉永6)夏	2基4炉		
		伊豆・斐山	1854(安政元)6月	1855(安政2)2月	2基4炉		
		那珂・湊	1854(安政元)8月	1856(安政3)2月	2基2炉		
民 営	島原藩 福岡	安心院 (現大分県内)	1855(安政2)4月	1855(安政2)	1基2炉	12~20	現地に碑文・耐火れんが
		取山	1857(安政4)4月	1857(安政4)9月	2基4炉	53以上	炉数は推定
		六多	1864(元治元)	1864(元治元)	1基2炉	10数門	福岡市内土手町
		博多	不詳	試験操業のみとされる	1基?	なし	

(注) 1. 拙稿「製鉄」(中山茂編「幕末の洋学」収) p. 129の表を補正
2. 補正箇所、斐山の製鉄砲の製造数を28とする(典拠「佐賀藩銃砲沿革史」)

(大橋周治作製)

本講演は(社)日本鉄鋼協会主催により昭和61年12月1日に開催されたU. ヒュゲーニン著「ロイク王立鉄製大砲製造所における鋳造法」—わが国における洋式高炉のルーツ—渡来150周年記念講演会における特別講演 昭和61年12月3日受付 (Received Dec. 3, 1986)

* 名城大学短期大学部 教授 (Professor, Meijo University of Junior College, 1-501 Shiogamaguchi Tenpaku-ku Nagoya 468)

Key words : history ; technical development ; technology transfer ; cannon casting ; Netherland ; cast iron ; ironmaking ; blust furnace ; reverberatory furnace ; Japan.

2. 佐賀藩は原料銑鉄問題をどのようにして解決したか

2.1 ヒュゲーニンの原料銑に関する規定

ここで問題にしているヒュゲーニンの本は、書名が示すように、鑄鉄砲の製法を主目的として書かれたものだが、この本は鉄鉱石の種類から始めて高炉法による銑鉄の精錬をも、かなり詳しく述べている。鑄鉄砲の製作にあたって、その原料銑の品質、さらにさかのぼつては、鉄鉱石の選択の良否が、第一義的に重要だという認識がそこには見られる。従つて、「鑄鉄を録す」の項においても、まず冒頭で『前篇の示す如く、鑄鉄の善悪は鑄解せる鉄鉱の純・不純により、また鑄解の精・不純に関せり。務めて雑物を含まざることを要すべし』と述べている。(訳書「西洋鉄煩鑄造篇」による。)なお、飯田賢一氏は「西洋鉄煩鑄造篇」の訳文も決して劣らないが、あえて比較すれば、理解度において「鉄砲全書」が優れているとしている³⁾。しかし、今手許に「西洋鉄煩鑄造篇」しかないので、以下その訳によつてヒュゲーニンの原料銑に関する規定を紹介すれば、以下のごとくである。

鑄砲をつくる場合に必要の原料銑の性質については、次のように訳されている。『鑄鉄を高釜(反射炉の誤りか——筆者注)にて鑄解せんと欲せば、炭素を充分に含ましむべし。けだし鉄は炭素を含まざれば鑄解すること能はず。煉鉄の如きは炭素を含まざるをもつて鑄解せざるなり。鉄を鑄解するには、炭素は緊要のものなりといえども、鉄砲の如きよく火力の猛勢に堪える器を製せんと欲せば、余り許多の炭素を含ましむるなかれ。……鉄砲を鑄造するの鉄は、炭類を釜中に入れ、火度を適宜にし、よく鑄解して、鉄中含むところの雑物を排除することを要すべし。このように鉍鉄よりよく鑄解すれば、炭素を含むこと過多ならずして、その鑄鉄・灰色透明ほとんど上品のものを得べし。』同じ箇所が「鉄砲全書」では次のごとく訳される。

『鑄鉄ヲホドヨク鑄金炉(反射炉)ニテ鑄スニハ、十分ノ炭素ヲ含マシムベシ。否ラサレバ適宜ノ鑄解ヲ得ル能ハズ。炭素甚少ク或ハ全クコレナキ鍛鉄ヲ再鑄スル如キ也。砲ノ類、劇キ暴勢ニ耐フル器物ヲ鑄造スルニハ、大量ノ炭素ヲ含有スル鉄宜シカラズ。……砲料ノ鑄鉄ハ適量ノ炭、極度ノ熱ヲ以テ鉍鉄ヲ鑄解シ、勉メテ其ノ異物ヲ清除スベシ。此ノ如クナレバ、大量炭素ヲ含ムコトナク製而透明灰色ナリ。』

いずれの訳にせよ、高炉銑も知らず、また鉄の成分分析法も知らぬ幕末人が、上記のような訳文なり原書に従つて、鑄砲に適する銑鉄の選択を行うことは、まさに至難の技であつたろう。

しかし、とにかく上記のような文章の中で、原著者は、反射炉が銑鉄を単に鑄解するだけの機能にとどまらず、ある程度の精錬機能を持つことを示唆していると思う。

また、原料銑鉄の精錬段階から、適度に十分の炭素を含むが、それが過多に含まれないという難しい要求をしている。『鉄中許多の炭素を含むときは、脆弱にしてその質疏松となり粘稠力を失する』とも注意している。すでに鉍鉄より高炉にて鑄解せる鑄鉄を、また反射炉に入れて鑄解すれば、その強き火度によつてほとんどよく鑄解し、その鉄中含むところの雑物自ら流動して炭素と合し、鉄の上面に浮び、……反射炉で再鑄解した鑄鉄は高炉で精錬しただけの鉄に比べて、「甚だ強剛にして粘稠力を増加す」と述べられている。

さらに、その含む炭素の差によつて色が違つて、どのような鑄鉄が砲製作に適するかを、5種類の鑄鉄を色彩によつて分類して、次のように示す。

- 第1には、破面が「白色にして僅かに灰色を帯びたるもの」をあげて、この種の鑄鉄は粘稠力が甚だ弱く、反射炉での再鑄解に適していないとする。
- 第2は「その鉄質甚だ堅剛にして破裂し易く、且白色にして光沢を帯び、光線の如く結芒するもの」で、『この類の鉄は尋常の器械において甚だ稀なり。しかれども彼の灰色鉄を以て製する器を急に放冷すれば、かの如く変ずることあり。この鉄はなお炭素を含みて容易に鑄解し難し。故にこれを再製するも柔軟なる鉄となるべからず』
- 第3は「灰色鉄。この類の鉄は甚だ柔軟にして彫刻し易く、その中含む処の炭素適宜なるを以て、再び鑄解し得べし。」
- 第4は「黒灰鉄」で、「この類の鉄は甚だ柔軟なるもの多し。しかれどもその中、許多の炭素をもつて鑄解し難し。故に多く雑物を混合し、粘稠力少し。これをもつて器械を製造せんと欲せば、弾丸の如き強剛を主とせざるものに用ゆべし。且つこの鉄を第1種の鉄と混合して再製すれば、適宜の強剛となり、尤も弾丸を作るに利益あり。」
- 第5には『白色にして黒点を帯びるもの。この類の鉄は鉍鉄より直ちに鑄解する鉄中においては、さらに有ることなし。第3種の鉄にて鉄砲の如き厚くして大なるものを製すれば、多くはこの類に変ず。これを反射炉にて再製すればその強き火力によつて雑物を排除し、ほとんど清浄の鉄となり、それ以前に比すれば再製によつて粘稠力大に増加し、ほとんど猛烈の火力に堪ゆ。』

ざつと上記のような調子の説明があつて、結局次のような選択を勧めている。『反射釜にて鉄砲も鑄造せんと欲せば、鉄坑の近傍に築ける高釜にて鑄解する第3種の如き灰色鉄(鼠鉄の意か? 著者注)を択ぶべし。しこうしてこれを適宜に鑄解し用ゆれば、甚だ強剛なる鉄を得べし。』しかし、それに付け加えて、『然れども灰色なる鉄は皆一様に強剛なりとなすべからず。あるいは甚だ強剛にして灰色なるものあり。あるいは粘稠力少くて灰

力をあらわすものあり。故にまたその他の徴候により及び経験によつて再び溶解し、銑砲を作るに適宜なる鉄を採ふことを緊要とすべし。」という訳である。

19世紀前半期のヨーロッパ大陸における鉄の成分分析とは、この程度のものだつたのだろうか。種々詳細に述べられてはいるが、結局はテキストの述べるところに従つて「試行錯誤でやつてごらんさい」ということであつたように思う。ヨーロッパの鉄鉱石を高炉で精錬した銑鉄について、上記のように説明されても、幕末人は当時の日本で支配的だつた砂鉄の「たたら吹」によつて得られた銑（ずく）をあれこれ選択して、「灰色鉄」に似た銑鉄を選択するほかなかつたであろう。佐賀藩の技術者はそのようにして石見銑の中のある種のものを選択して、これを反射炉で溶解することになつたのであろう。

薩摩藩の原料銑は領内産と伯州産の砂鉄銑が、葦山の反射炉では南部産、水戸藩では出雲産の砂鉄銑が用いられた。鳥取藩では出雲・石見産の砂鉄ではなくて、当初は領内で百姓から鍋釜・鋤鍬などの古鉄を強制的に買い上げ、この統制購入に百姓から反対が出て、後に人形峠に近い木地山村狼谷に藩自ら「たたら場」を設けて、その砂鉄銑を用いた⁴⁾。

2・2 佐賀藩反射炉の初期操業状況

後進国が先進国から近代工業技術の移転を受ける場合、文化・風土の相異が大きな障害になると言われるが、特に冶金技術の移転に際しては、資源条件の相異が大きな障害になると考えられる。そのことは明治維新後の近代化過程においてもしばしば指摘されているところであ

るが、幕末の鑄鉄砲の製作に際しても、佐賀藩はその出発点から、この問題にぶつかったようである。

現在の佐賀市上多布施町中折区にある日新小学校の校庭にあつた「築地（ちいち）大銑製造方」における付帯設備の建築状況、さらにその初期操業状況を整理して表にまとめたのが表2である。

このわが国で最初の洋式製砲工場は、2炉を一体化した反射炉（1双）を2基（2双4炉）ワンセットにした標準型であるが、全炉と付帯設備の「中ぐり盤」2組・「クレーン」等を完成するのに丸2年を要している。そのうちの第1炉の完成から5か月後に最初の火入れを行い、第2炉から第4炉までが次々に完成するに伴つて、各炉の同時操業に入るという形で、第1炉に最初の火入れをした嘉永3年12月12日から嘉永5年7月まで1年半の間に計16回の操業が行われている。これは初期操業の記録というよりも、「試験操業」の記録と呼ぶにふさわしい性格のものとする。原料は石州産の砂鉄銑、燃料は木炭である。執筆者は主任技術者格の杉谷雍介である⁵⁾。

その操業状況は次のように説明されている。

○第1次操業。砂鉄銑1500斤を反射炉に装入して溶解を試みたところ、「其5分溶解流動し注口より出る終に五十斤許り余は粘糊して注口を塞ぎ出ず、五分は半溶で流動と相隣ること一問にして止み共に炉内に残存す」という結果に終わった。

○第2次操業。2000斤装入。前回同様に半分は溶解して注口から出たが、『鉄湯光線を発せず、凝定して後

表2 築地大銑製造方の建設および初期操業の状況

	建設状況	反射炉による銑鉄溶解作業				鑄造門 各1門	試験の結果		備考
		操業 (次)	年月日	装入銑鉄量 (斤)	溶解成績		年月日		
嘉永三年	第1炉着工 7月 同完成 11月 錐鑽機 No. 1 着工 10月	1	3・12・12	1500	50% 溶解, 50% 半溶炉内に残留				
嘉永四年	第2炉着工 6月	2	4・2・2	2000	50% 溶解, 50% 半溶炉内に残留	核鑄砲 (口径3寸4分) 核鑄砲 (同) 核鑄砲 (同) 実鑄砲 (口径3寸9分) 実鑄砲 (鉄板鑄造) 実鑄砲	4月18日 破裂 7月19日 破裂 8月14日 破裂 5年12月12日 破裂	人力穿孔	
		3	2・15	不詳	溶解に成功せず				
		4	2・25	不詳	同上				
		5	4・10	1500	50% 溶解, 20% 変性, 30% 炉内残留				
		6	4・20	1800	60% 溶解, 40% 炉内残留				
		7	5・14	3000	略100% 溶解 (鉄湯の流動適度に至らず)				
		8	7・9	3000					
		9	10・10	3000	ほぼ100% 溶解 回を重ねるごとに流動性前回よりやや進む				
嘉永五年	錐鑽機 No. 1 完成 9月	9	10・10	3000					
	第2炉完成 10月	10	12・2	2000					
	第3, 4炉着工 12月	11	12・26	3000					
	水車着工 1月	12	5・1・12	3000	略100% 溶解 (流動前回より大いに進む)	実鑄砲	5月12日	水力穿孔	
	錐鑽機 No. 2, 3 着工 閏3月	13	2・28	6000 (2炉合せ湯)	1炉は流動よく, 1炉は劣る	実鑄砲	破裂		
	第3, 4炉完成 4月			3000					
	水車完成 4月	14	5・2	3000	流動すでにその度にいたる	同8ポンド砲	錐鑽完了	水力穿孔	
	ガルレイ着工 5月	15	6・11	12000 (4炉合せ湯)	2炉は流動適度, 2炉は劣る	同36ポンド砲	廃頭を切断	水力穿孔	
	同完成 6月					同36ポンド砲			
	ガラベン車着工 6月	16	7・5	12000 ()		同36ポンド砲			
	同完成 7月								
	錐鑽機 No. 2 完成 7月								

(大橋周治「幕末明治製鉄史」p. 43より)

に之を撃は手に応して毀決し、性質全く変して、ほとんど名状すべからず」という状態であつた。そして原書から杉谷は「火その度を得ざれば、鉄性変じて“デアク”(蒸餅母ノ義)となる」と引用して、炉内温度を十分に上げえなかつたことに原因を求めている。

- 第4次操業までは同様に溶解不十分に終わっている。
- 第5～7次操業。「中ぐり盤」がいまだ完成していないため、溶解した分のみで「核鑄法」によつて鑄砲している。
- 第8次操業以降はほぼ完全に溶解して、溶鉄の流動性も漸次増した。そこで初めて「実鑄法」を試みている。第8次操業における100%溶解については、次のような説明が記録されている。「凡そ鉄の鎔解は塊の大小に関らず必内部に始り外部最後に鎔解す。或は外面銹(さび)することあるは鎔解愈難し、唯之を既に鎔たる鉄湯中に攪して後に始て流動す。我邦在処の鉄銹せざるもの甚だ寡し、初より此に至る迄外部銹して鎔ざる者全て問はず。唯其鎔易き者を取て砲を鑄る。此を以て炉内の填鉄幾分の残存するを免れず。此回始て攪法を施す故に填鉄全く鎔解す。然れども鎔前後相隣り操術未だ熟せず、其鉄性初に及ぶ能はざるは亦此以の故なり」と。原書でも指示されている溶鉄の攪拌作業を実施することによつて、その後は完全溶解に成功したと言っているのである。

そこで第8次操業からは実鑄法で鑄造し、第13次操業では2炉に同時火入れして鑄砲、第15次操業では4炉合せて36ポンド砲の鑄造まで達している。

反射炉による銑鉄溶解と鑄造の状況は上記のように推移したが、問題は完成した砲の「試放」(試射)の結果である。核鑄砲3門と実鑄砲2門、計5門とも次のような状況の下で砲身破裂に終わっている。試射の結果は上述した杉谷の記録では核鑄砲3門、実鑄砲2門計5門すべて破裂となつているが、別に核鑄砲3門、実鑄砲11門、大小計14門が破裂したとも書かれている。

[試放の結果]

- 1) 核鑄砲(第5次操業分)「火薬700銭を装し、茅栓8寸を填するに至つて破裂」・鑄片裂面の検討——「灰色濃淡錯布して気孔多し、鉄子結合の強弱不斉」
- 2) 核鑄砲(第6次操業分)「鉄弾重970銭、火薬900銭を装するに至つて破裂」・破面の検討——「なお気泡多く鉄子結合密ならず剛柔不斉、前回に比しいささか良」
- 3) 核鑄砲(第7次操業分)「装薬1千銭、鉄弾重970銭を填するに至つて破裂」・破面の検討——「鉄子結合不斉、但し前回に比し良」
- 4) 実鑄砲(第8次操業分)「鉄弾1080銭、火薬700銭を装して破裂」・火薬少量にもかかわらず破裂した理由——「砲孔の彎せると(前回以上に)鉄子の結合不斉」「人力を以て是をなす故に孔心正直ならず、砲

身に厚薄を生ぜしによる。」

- 5) 実鑄砲(第12次操業分、最初の水力穿孔によるもの)「鉄弾重1080銭、火薬1100銭を装し破裂」・破面の検討——「鉄子灰色濃淡錯布して結合剛柔不斉、但し前回より良」

なお試放を実施しなかつた仕掛中次の6門については、「其鉄性如何なるや未だ知る可からず。然れども其或は断頭或は鑽孔の蹤に就て」次のような観察を行つて、それ以前の製砲分よりも、かなり品質の向上があつたことを認めている。

- 第9次操業分「第8次になりたる者にまさること些」
- 第11次操業分「第12次に成たる者に及ばざること些」
- 第13次操業分(実鑄8ポンド砲)「質些も剛なり、然れども気孔寡く微灰色濃淡ありといえども甚だ微なり。」
- 第14次操業分、「砲鉄は質粘靱にして気孔を見ず。然れども濃淡は未だ免れずといえども甚だ微にして、ほとんど辯ず可らず。此砲未だ西洋に及ばざるありといえども其相違たること豈に遠からんや。」
- 第15次操業分(実鑄36ポンド砲)「砲身は質些剛にして結合不斉なり。第14次に成たる者に及ばざる。」
- 第16次操業分(実鑄36ポンド砲)「大略第14次の者と同じ。」かくて、第14次、第16次の36ポンド砲は外部観察では、西洋にほぼ劣らぬ者ができたとしている。

3. 佐賀製砲の成功についての秘密

上述した初期操業の結果が、一般に広く伝えられている「16回の失敗」の記録であり、この事実に関連して、「杉谷等意気沮喪し責を引き死を決する者あるに至る。直正之を聞て、“彼等は氣力なき者かな。此迄の経験にて成功せず空しく巨額の金を費したりとして死せんとするは何事ぞ、此上幾多の金を費すも惜む所に非ず。既に洋人の実行せることを我に於成得ざるの理あらんや。此の上に一層奮励して試験と研究とを重ね必ず成功を期せよ」と誠諭しければ当局一同感謝措く能わず、益々力を盡して遂に成功を見るに至れり⁵⁾。」このような状況に至つた時によくある明君神話が語られて、それ以降は良砲が続々と鑄造されたという物語が創りあげられたように私は考える。

3・1 試砲破裂への評価

幕末・反射炉鑄砲事業について、最も欠けているのが「試放」(試し射)にかんする記録であり、佐賀藩の場合は5門の試放について最も詳しい記録を残しているもので、まずこの「試放」なるものの性格・内容を検討してみる必要がある。

まず第1に、上述した佐賀における試放の記録をもう一度よく読み直して見ると、その多くが「鉄重量〇〇〇

鉄、火薬〇〇〇鉄を装するに至つて破裂」と記載されていることに気付く。原書でも試射の場合に用いる火薬量を表にして示しているが、ある完成砲がどの程度までの装薬に耐えるか、まず少量から試みて、漸次薬料を増すことによつて、自分達の砲の性能を知る以外に当時としては方法が無かつたと考える。例えば佐賀の試放の場合、核鑄法では火薬量を漸次増して破装点を測定し、「前回に此し良」という講評が下されている。また核鑄砲は鑄造に際し気孔(巣)がでやすいことが試放で実証されているように思う。実鑄砲の場合、第8次操業分の実鑄砲は「火薬 700 鉄」という少ない薬量で砲身破裂が生じているが、原因は人力穿孔のためと解されているものごとくである。

結局、1年余にわたる試験操業と試射の記録に基づいて、その後の完成砲は装填する薬料を一定以下に抑えることによつて破裂せぬ大砲として江戸の台場あるいは長崎の諸砲台に配置されていたものと推定される。

それでない、佐賀藩がなぜ嘉永5年以降に製品に符号を付して続々と藩内外に砲を配置したかが理解できないと思う。ただしその場合、それらの24ポンド砲でもヨーロッパ諸国の砲と対等に戦えるものであつたかは別の話である。幕末国産砲の実力はおそらく文久3年6月の4国連合艦隊の下関攻撃、同7月の薩英戦争によつて明らかになつたものと言えよう。ただし佐賀藩の鑄鉄砲は、そのいずれの戦闘にも参加していないので、実力のほどは判明していない。

3.3 奥村正二説

奥村正二氏は冶金学上の考証を詳細に行つた上で、砂鉄鉄を材料として鑄造された大砲は必ず第1回目の試射によつて砲身破裂をもたらすと断言している。その理由は次のように、極めて明快に述べられる⁶⁾。

『高炉はシャフトと称する長高な炉体具える。上から装入された塊状の岩鉄はその中を徐々に沈降する間に十分還元される。……これに対し、たたら炉は洋式風呂形の浅い炉の中で反応させるので、還元が不十分である。……炉高が低い割に炉の表面が大きいので、正常な操業をしても生鉄(未還元の砂鉄)が、そのまま木炭中を素通りして、下の溶湯中へ落ちこみやすい。ところがたたら操業では時として「生鋼をおろす」と称し、意識的に装入砂鉄の炉内貫通をはかることも行われた。木炭使用量を減らして鉄の生産を増すための細工と考えてよい。いずれにしても還元不十分で、酸素分の多いことがたたら鉄の特徴である。』上記のように高炉と「たたら吹」を比較した後、奥村氏は本論に入る。

「鉄を反射炉に装入して正常な溶解をさせる場合、最初は酸化炎で温度を上昇させる。装入鉄の全体が溶け落ちて相当時間加熱を続ける。この間に炭素が燃えて減少する。湯の成分が所望の状態になったところで還元炎に切り替える。この時のぞき孔から見ると、溶解した湯

は吹きつける大炎でゆるやかに対流している。前記したように、これによつて湯の成分と温度が均一化され、いわゆる「煉り」が行われる。還元炎のもとで煉るのは、その間の湯の成分変化をさけるためだ。煉りが不十分だと鑄物に粘りがでない。すぐ破裂する大砲しか造れない。

ところが和鉄は前記のように還元不十分である。酸化炎で加熱された固形鉄の表面では、鉄中の酸素が同じく鉄中の炭素と反応し、一酸化炭素ガスとなつて燃える。このため表面は低炭素化し、鉄→鋼→錬鉄の変化をして溶解温度の上昇をもたらす。しかし固形鉄の内部は直接には酸化されたい。高温が伝導されるだけなので、この変化も起こらず、溶けて液状となる。……反射炉の到達温度は1200°C程度である。低炭素化した和鉄の表面はこの温度では溶けない。表皮だけが形骸(スケレトンと呼ぼう)となつて残り、内部は流れ去つて空洞となる。」(筆者注)奥村氏の「煉り」と言っているのは、先に杉谷が鋳解の際に実施した攪法(Puddling)とは別のことである。

『反射炉操業では炎の通りが良いように、鉄は井桁状に積み上げる。ところが和鉄の場合スケレトンが発生して井桁状のまま推積し続けるので、湯の自由流動を妨げる。正常な煉りは期待できない。この湯で鑄造した大砲なら、第1回試射で破裂することは間違いない。試射に耐える大砲を和鉄から造り出すことは不可能である。これに対し高炉鉄は十分還元されているため、スケレトン発生のおそれなく、よく煉れた湯が得られる』

先に引用した杉田雍介の「凡鉄の溶解は塊の大小に関らず内部に始り外部最後に溶解す。外面錆することあれば溶解愈難し。……」この観察はまさしく「スケレトン」の生成を意味すると奥村は解する。そして、佐賀藩の初期操業が16回にわたつて失敗し、すべて第1回の装薬試射で破裂した原因を一に石見産砂鉄鉄の品質劣悪に求めているのである。そして話は次のように展開していく。佐賀藩では安政元年7月、杉谷らが出島で船将ハビュースに質問状を渡し、石見鉄の破片を示して、高炉鉄を使用すべきであるという回答を得、同年8月藩首直正がオランダ船スームピング号を見学した際、船将に蒸気軍艦購入の申入れを行つた結果、1858年(安政5年)10月7日「佐賀藩購入の軍艦電流丸オランダより長崎に入港」(また「電流丸ニアル荷足(バラスト)ハ舶来ニテ性合ヨロシキ故是ヲ使用シ公儀注文50挺ノ大砲鑄造ヲ終ルヤ直チニ150ポンド砲ノ鑄造ヲ安政6年6月ヨリ着手」⁷⁾という文献に依拠して、「佐賀藩の成功は輸入鉄利用によるものと断定して誤りではあるまい」という結論が述べられているのである。

3.4 私見

奥村正二さんの冶金学上からする分析には大いに傾聴すべきところが多い。奥村さんは電流丸の荷足鉄輸入にとどまらず、「これとは別に1855年(安政2年)には、

オランダの援助による幕府長崎製鉄所の建設計画がまとまり、設備の発注がオランダへなされている。佐賀藩としては電流丸以外にも洋銃入手の機会はあつただろう」とも推定しておられる。たしかに安政4年には長崎製鉄所建設用の設備・資材が到着し、その中には当然材料として銃鉄も入っていたことになろうから、佐賀藩の反射炉・銃砲工場のみが、他を断然引きはなして194門もの砲身破裂を起こさない銃砲を製作できたのだと言えそうである。ここに佐賀藩のみが銃鉄砲の製作に成功した秘密があつたということになる。

だがそれならば、定政4年以前の佐賀藩では破裂せぬ銃鉄砲は1門も作れなかつたのだろうか。佐賀藩の統計を見ると、そうとのみ断定できない数字が出てくる。

表3は「佐賀藩銃砲沿革史」および古文書中の「大小銃製造録五・六」および谷口弥右衛門「安政4年公儀御用石火矢銃立記」によつて4種類の鉄製砲数を掲げたもののだが、その数値は製造年についても、砲種についても著しく異なっており、いずれを真とすべきか判定しがたい。またいずれにせよ、万延元年から文久3年までの間は全く記録を欠いている。この程度の製砲統計ではあるが、他の諸藩に比べれば、最も統計も整備しており、当面問題にしている輸入銃使用の関係のみについて言えば、次のようなことになる。

		輸入銃によるもの	国産銃によるもの
「製砲記」の場合	安政5年10月以降輸入銃として	65門	129門
	安政4年から長崎製鉄所用の銃鉄使用として	75	119
「大小銃製造録」	安政5年10月以降輸入銃使用として	12	126
	安政4年から長崎製鉄所用の銃鉄使用として	52	96
「谷口弥右衛門調べ」	安政4年以降長崎製鉄所用銃鉄使用として	52 (全部公儀用)	0

上記4種類の統計で推定されることの一つは、公儀(幕府)から注文のあつた要塞砲(江戸台場用)および150ポンド砲3門の献上用は優先的に輸入銃によつて製造したのかもしれないということである。しかし、いずれにせよ、輸入銃が安政4年以降用いられたとしても、最少96門、最大119門という大量の鉄製砲が国産石見銃によつて製造されたと見るべきではないかということになる。

「製砲記」「大小銃製造録」は、いずれも日記態で製造年月日、試放実施の年月日が記され、試放で砲身破裂が生じた場合は、その旨が記してある。そして砲身破裂の記事は、上述した初期操業期(嘉永3年12月より同5年5月まで)の5門(別の記事では11門)のほかには、次の3件しか見あたらない。24ポンド砲が安政元年に

表3 佐賀藩の鉄製砲製作数

年 次		嘉 永			安 政						万 延	文 久			元 治	慶 応			合 計
		4	5	6	元	2	3	4	5	6	元	元	2	3	元	1	2	3	
製砲記(佐賀藩銃砲沿革史収)	24ポンド	0	0	1	23 ¹⁾	7 ²⁾	5	2	0	0					0	0	4		42
	30ポンド	0	0	0	13	0	0	3	8	5					0	0	0		29
	36ポンド	0	14	13	19	6 ³⁾	0	4	1	0					0	0	0	0	57
	80ポンド	0	0	0	0	0	5	0	0	0					0	0	0	0	5
	150ポンド	0	0	0	0	0	0	0	0	3					0	0	0	0	3
	アームストロング砲	0	0	0	0	0	0	0	0	0					1	2	0		3
	そ の 他	1	1	1	3	0	0	0	0	6					5	3	35		55
	計	1	15	15	58	13	10	9	9	14					6	5	39		194
大小銃製造録五・六巻	計										計								
	24ポンド	1	7	2	24	7	5	6	2	0	54	24P(安政4~6年)砲台用 11							11
	30ポンド	1	7	1	12	0	0	10	15	5	51	30P(安政2~3年)公儀用 24							24
	36ポンド	3	2	6	0	7	0	8	5	1	32	36P(嘉永5年以降) { 公儀用 25 阿波藩 5 対島藩 2 }							58
	80ポンド	1	2	0	0	0	5	0	0	0	8	80P(安政4~6年) { 砲台用 8 稽古用 2 }							8
	150ポンド	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80P(安政4~6年)							8
	8ポンド	1	1	1							3	150P(公儀献上) 3							3
	計	7	19	10	36	14	10	24	22	6	148	合計(70)							104

(注) 万延元年より文久3年までの間は製砲記録なし

1) 他に砲身破裂2あり 2) 他に銃損い1あり 3) 他に砲身破裂1あり

ほかに谷口弥右衛門による「安政4年公儀御用石火矢銃立記」(安政4年1月~安政6年4月まで)がある。

24P: 8門, 30P: 29門(ミッテル: 12門, ランゲ: 17門), 36P: 14門, 計51門

(大橋周治作製)

2門、安政3年36ポンド1門が見出されるのみである。

公儀用として江戸・品川台場に送られた砲にせよ、長崎砲台用に配備されたものにせよ、あるいは阿波藩・対島藩に送られたものにせよ、いずれも試射を終わって配置ないし搬送されたものと解すべきであろう。

とすれば砲材質として欠陥のある石見産の砂鉄を材料として、なぜに破裂しない砲が製作されたかが究明されねばならない。そこで考えられることは、絵図「築地大銃製造方の景況」にみられる小溶解炉の存在である。

この絵図の右側前方に反射炉とも高炉とも違い、また伝統的こしき炉とも違う小溶解炉めいたものが描かれている。そこには6方に足踏みふいごが設けられ、一つのふいごに20名前後の工人が配されているのがわかる。

佐賀藩の古文書「大小銃製造録」によれば、この炉は青銅砲の鑄造に用いられたことが明記されている。大は15貫500匁(4.13t)の青銅砲をこの設備で鑄造している。この炉を用いて石見銃の予備精錬が行われたのではないかと推測してみた。「大小銃製造録」に、この炉で銃鉄を溶解ないしは予備精錬した記録はないかと調べてみたが、明確にそう断言できる記述は見当たらなかった。ただ安政3年、幕府に献上する150ポンド鑄鉄砲の製造を決定した際の見積覚書に、「炉踏120人」の賃金が計上されている事実をあげることができる。150ポ

ンド砲の鑄造は実際には安政6年に入つて行われている。(その場合は輸入銃が使用されたと見て間違いはない。)

佐賀の資料にはそれ以上のものは見出せないが、それはむしろ葦山・水戸の反射炉関係資料の中に明確にあらわれてくる。

葦山の鑄砲技術者で、佐賀に現地見習のため派遣された八田兵助の書いた安政6年5月10日付覚書には、次のように述べられている。「銃ヲ踏躰^{たたら}ニテ沸シ、長サ三尺巾三寸ナルホドノ砂形ニ流込ミ、反射炉^{たたら}へ移入^{たたら}レ火ヲ遣候処、凡九分通鎔解イタシ右ニテ漸初メテ筒鑄造出来候事」とあり、更に「是ハ佐賀ニテモ踏躰ニテ沸」と追記している⁸⁾。佐賀藩は同じく幕府から江川家へ委託の形をとつた葦山とは親密な関係にあつて、相互に技術提携の関係にあつたから、佐賀藩のノウハウは、葦山から見習のため派遣された八田兵助によつて葦山にもたらされたし、また安政大地震で葦山反射炉が破損した際には、佐賀の主任技術者格の杉谷雍介、田代孫三郎ほか職人3名が応援に来て第2番炉の築造、破損した一番炉の改築をも手伝い、操業にも参加している。佐賀と同様に国産銃の予備精錬は葦山でも実施されたのである。

佐賀・葦山と対立関係にあつた水戸藩においても、萩信之介なる者が、佐賀反射炉に関して、安政2年2月付で次のような情報をもたらししている。「高釜と申すを用

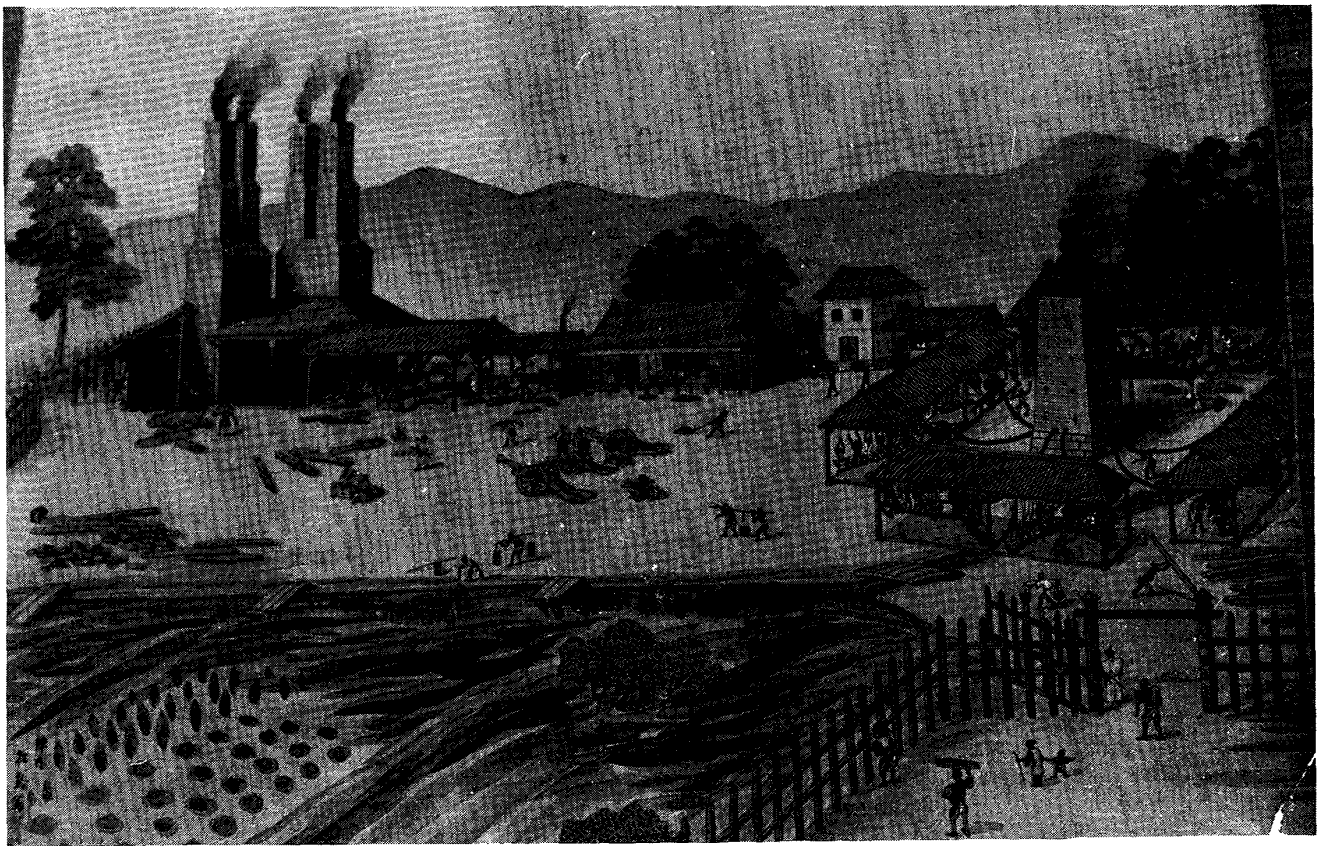


写真1 築地大銃製造所の景況(陣内松齡筆)

いず候面は宜しからず蘭人申候。其替りに佐賀はこしきにて鉄を一度吹、 $\square$ (横より見る)、 $\bigcirc$ (上より見る) 此の如く固め、自然とさまし、か様いたし置、反対に掛候。……ただの石見鉄相用申候。」と⁹⁾。

安政元年7月に杉谷雍介らが船将ハビュースを訪れて、高炉鉄を用うべしと示唆を受けたことを伝えた後、それでも佐賀では別の炉を利用して砂鉄鉄を依然として使っている旨の情報をスパイしている。ただし見習のため佐賀鑄砲工場で働いた八田兵助に比べて、情報の確度が低いことがわかる。当時、佐賀藩は幕府の役人には反射炉を見せたが、葦山を除く他藩には見学ないし伝習を拒んでいたから、水戸の情報官は工場内に入らず、風聞を伝えたものであろう。それでも水戸・反射炉の安政5年1月の操業に際しては、「並鉄(砂鉄鉄)にて替る替る鑄流し候分三角棒 600 貫目」を反射炉に装入したとの記録があるから¹⁰⁾、水戸でもけつこう佐賀の技術を盗んでいたのであろう。佐賀・築地鑄砲場の絵図に見られるふいご送風式の溶解炉が、青銅鑄造用のみでなく、石見鉄の予備精錬にも使われたことは、上述のように文献上でも明らかである。

奥村正二氏の見解との関連から言えば、「還元不十分で大量の酸素を含有する」砂鉄鉄を、小溶解炉で十分に予備精錬すれば、炭素・酸素が適宜に除去されて、不十分だった還元がある程度進むという効果があつたと考えられるのではないか。かくて輸入鉄の使用以前にも破裂しない鑄鉄砲がかなりの数製作できたのではないか。諸賢の御意見を聞きたい。

もう一つ考えられるのは、窮余の末に、輸入鉄が到着するまでの間、そのような方策を講じて、試射の際にはそれまでの経験に照らして、砲身破裂の生じない程度の火薬を装填して「試射合格」の砲として公儀に送り、あるいは長崎の諸砲台に配置したということである。それらの砲が実戦に用いられたことは一度もなかつたはずだから、これは実証の仕様がなない。

3.5 産業考古学の戒むべきこと

ところが昭和50年12月、先の大戦中に全部失われたと考えられていた佐賀藩製鑄鉄砲のうち、江戸の品川台場備砲であつたとされる24ポンド砲1門が、旧鍋島藩邸のあつた渋谷区松濤1丁目戸栗享氏邸で発見(?)されるにいたり、佐賀県機械金属工業連合会・同県・同県立博物館が共同して、51年佐賀で開催される第31回国体のために、大会期間中佐賀に運んで同博物館に展示しただけでなく、その24ポンド・カノン砲の復元を計画し、それを機会に同砲の成分分析を九州大学に委嘱したため、永年平行線をたどつてきた「奥村・大橋論争?」に“総決算”をつける機会にめぐまれることになつた。

九州大学の分析結果

(単位%)

C	Si	Mn	P	S	Cu
3.22	0.69	0.27	0.275	0.132	<0.01
Ni	Cr	Ti	V	Sn	
0.02	0.01	0.01	0.06	<0.005	

この分析結果について、県立博物館では次のような見解をまとめた。「我が国特有のたたきではC以外の元素は低く、Siの還元は行われない。」『安政元年7月、本島勝太夫、杉谷雍介らがオランダ蒸気船将ハビュースに面会し、鑄砲について質問する際持参した鉄地金と鑄鉄の砲片を見せたところ、船将が鉄地金は「白色剛に過ぎる」と言っていることから、石見産地金はSiの低い白鉄であつたと思われる。」また九州大学の松田公扶氏の説によると、「反射炉精錬時の成分変動は溶解時間、炉内雰囲気により変るが、C, Si, Mnなどは酸化し減少する。特に溶解温度の低い場合にはSiの減耗は大きい。Sは燃料が石炭であれば増加するが、木炭であればほとんど変化せず、Pもほとんど不変である。しかるに、大砲の分析結果を和鉄鉄と比較するとSi, P, S, Mnが高く、反射炉溶解では、このような成分になることは考えられない。」ということから結局「分析調査した大砲は和鉄のみでなく、少なくとも輸入鉄又はその混用によって鑄造されたものと推定される」ことになつた¹¹⁾。

この話を聞いたので、すぐ奥村氏に電話して“敗北宣言”をしておいた。まさに完敗である。だが腹を切るのは早すぎたようだ。

それから5年ほど経つて、今度は奥村さんから電話で次のように知らせてきた。「鑄砲史研究会(会長・所莊吉)」の報告で、「あの大砲は佐賀藩製ではなく、アメリカからの輸入品とわかつたよ」と。そして呵呵大笑された。

それで、産業考古学との関係もあるので、なぜそのような間違いが起きたかを述べておく。

渋谷松濤で発見(?)された24ポンド・カノン砲を、まず文献によつて鑑定した際、これに当たつた人が先入観と既成文献にまどわされて、それが品川台場用として公儀から発注された24ポンド砲25門中の1門だと思い込んでしまつたことである。

その誤りに気付いたのは、元防衛庁技術将校の斉藤利生氏であつた。以下斉藤氏の論文を紹介する形で、佐賀24ポンド砲の真実の姿を明らかにしておきたい¹²⁾。

まず問題の砲を調べて、斉藤氏が疑問を懐いたのは、「佐賀藩製の砲にどうして外国語のマークを刻してあるのだろう?」ということであつた。

その問題のマークであるが、まず第1リングの前に48・1・4の数字が刻鑄され、その下の点火孔の左にIC &

C₀とあり、右に BF. V_A と刻鑄されている。

ところで後世の人を誤らせた犯人は名著として知られ、私を含めて多くの人が佐賀藩の鑄砲事業の研究に欠かせない資料として使っている「佐賀藩銃砲沿革史」の篇者、秀島成忠氏である。「沿革史」は次のように述べる。「明治初年の頃から築地海軍省構内にあつた旧式砲が藩（佐賀）砲の記録と一致し、また記号文字等の考証は別記の理由に基づいて佐賀藩製であることを知り、払下げを受けて1門は佐賀松原公園に、1門は渋谷鍋島侯爵邸祠堂横に保存した。この考証の結果、靖国神社の大村益次郎銅像の周囲にあつた8門の砲（24ポンド砲）も、寸法、記号等同一ですべて佐賀藩製砲であると認定した。」

1. 36ポンド砲 1門 口径5寸7分 大村銅像脇 記号なし。

1. 24ポンド砲 1門 佐賀徴古館前にあり。

1. 24ポンド砲 1門 鍋島邸祠堂横にあり、記号 4・8・14 IC & C₀ BFV_A

1. 24ポンド砲 8門 大村銅像脇、記号すべて IC & C₀ BFV_A（2802等それぞれ異なる）

「沿革史」は更に続ける。「洋字 IC & C₀ は鑄立方（Ijver Chimie Compaghia）の略字、B・FV_A は大銃製造方（Bombe Falkonet Vriesevriters Armarris）の略字、また数字 2850 などは鉄製 24ポンド砲の平均重量 2820ポンド、すなわち 756貫 673匁弱であり諸砲の重量と符合す。右 10門中砲重を記せず、弾重 4貫 800目と記せしもの2門あり。おそらく砲重を記すことに決定以前に彫刻せしものならんと推定せり。」恐るべき考証と言わねばならぬ。洋文字にそれぞれ都合のよいオランダ単語を振り付けてみて、「鑄立方」「大銃製造方」とするなど細工が細かい。そして幕末人のハイカラ式でそんな蘭語をあてたのだと言うに至つてはねつ造もよいところである。弾重 4貫 800目と鑄刻した2門だけが佐賀藩製ないし国産だったのかもしれない。

齊藤氏は言う。「蘭語を訳したハイカラ式と言うが、嘉永6年11月1日、幕府から船舶、鑄砲の名称などに洋語の使用を禁じ、薬舗などの商標に洋字を用いるのを禁じる旨の布告が出されている。……公儀に納める大砲にわざわざ布告を無視するようなハイカラ式を使うことは絶対にあり得ない。このことから松濤砲は絶対に佐賀藩製ではなく、外国砲であるとの信念を持つて調査を始めた」と。

齊藤氏はマークの IC & Co を手がかりに、これは英語圏のみでしか使わないことから英・米に焦点を絞り、BFV の V は Virginia 州の略と考え付いて、BF は Bellona Foundry、この工場のオーナーは John CLARK と割り出し、犯罪捜査者の手法で記号を解読し、John CLARK がリッチモンドの近くで Bellona 大砲鑄造工場を手に入れて、J.C. のマークを最初は任用していたが、上司で

あり先輩である John MAESON が Colombia Foundry のオーナーになつて J.M でなく、I.M.C.F としたのにならつて ICBF に代えたのだという。製造年月日のマークはないが、メーカーのマークの付け方の特徴からみて、1820年代あるいはそれ以前の比較的古いものと、齊藤氏は推定している。わが国への渡来の経路については、文久3年の薩英戦争後の砲台整備のため薩摩藩が緊急輸入した米国砲 89門の一部ではないかというのが、現在のところ齊藤利生氏の考証である。

文献資料のみに依拠するのではなく、各種の産業構造物等を対象に歴史研究を行いつつ同時にそれらの価値あるものをできるだけ各現地に保存するというのが、産業考古学（Industrial Archeology）の趣旨とするところで、わが国でも 1977年2月産業考古学会の設立・活動によつて、多くの産業遺産（Industrial Heritage）が現地保存されあるいは博物館が年々増加する傾向にあるのは喜ばしいことである。ここで問題になつた佐賀藩製大砲の復元の試みもその一つの現れと考える。しかし、そこにまた新しい問題が生じてくることも、本例の示すごとくである。既に文字・文献の存在する時期を研究対象とする場合が多い産業考古学の場合、文字・記号等を十分に既成の文献と併せて慎重に調査に当たらないと、今回のようなケースが生まれ、その意図と反して真実をゆがめて、新たな神話が創られかねない。ここで問題にした松濤砲についても、神話はすでに独り歩きを始めている。前掲の九大による砲の分析値について、その得られた数値をそのまま論文に使うだけでなく、「佐賀藩の反射炉技術は長崎を窓口として、遠くヨーロッパの高炉技術と結びついたと考えてよいであろう。」と述べるのはよいとして、「安政年間以前も輸入銃は（帳簿上は和銃利用の形で用いられたことが推察される。）とまで考えるのならば、日蘭貿易の品目・数量は詳細に知ることができるのだから、それを調査した上で論文を書くべきだと思う。

上述のような訳で奥村・大橋論争は振出しに戻つていまだに続いている。諸賢の御高説を拝聴したいものである。ただ現在、明らかなのは次のことではないだろうか。

4. 幕末反射炉・鑄砲の技術的意義

まず第一に重要なのは、佐賀の技術者たちが、あの難解なテキスト（原書と訳書）を参考にして、一方で反射炉その他付帯設備を設けながら、見事な手順で試験操業と試射を重ね、その過程で鑄鉄材料である石見産の「たたら銃」に問題があることに気が付き始めたことである。そして、生じた疑問についてオランダ船將に質問した結果、一方では素早く高炉銃輸入の手を打ち、他方では作業を中止することなく、窮余の策に違いないが、青銅溶解用に使っていた炉を利用して、砂鉄銃の予備精錬を試みるという第2段の行動に移っている意味を重視した

い。技術とはそのような試行錯誤の中で進歩するものと考ええる。

佐賀藩の初期（試験）操業の失敗！ はまた、全国に大きな影響を及ぼした。薩摩の島津齊彬は佐賀の情報を入れて、高炉・反射炉の同時建設の計画を立てて、それを実際に試みたし、箱館奉行所でも武田斐三郎が中心になつて、古武井に高炉を設けた。いずれも佐賀藩失敗が与えた影響と言える。水戸にあつて那珂湊・反射炉の築造と操業に従事していた大島高任が岩鉄でなければだめだという確信をいよいよ強めて南部に帰り、安政4年（1857年）12月1日に第1回の出鉄に成功したことは周知のとおりである。佐賀の失敗（？）が、わが国の高炉法開始の時期を早めたという意義は明らかである。しかし1850年代に盛り上がった反射炉熱は60年代に入ると急速に後退する。

一つは文久3年の4国連合艦隊の下関攻撃と薩英戦争で幕末人が身をもつて彼我の兵器の優劣を知ったことがあり、もう一つは当時の製砲技術が国際的にも急速な転

換期にあつて、後装施条のアームストロング砲が既に薩英戦争では使われ始めていたし、鑄鉄砲は青銅砲に比べて依然として破裂を起こしやすい過渡的存在でもあつた。反射炉・鑄砲の時代は既に終わろうとしていたのである。

文 献

- 1) 大橋周治: 金属, **46** (1976)2, p. 49
- 2) 大橋周治: 金属, **46** (1976)4, p. 76
- 3) 飯田賢一: 西南諸藩の洋学, トヨタ財団助成研究報告書Ⅲ-024 (1985), p. 333
- 4) 大橋周治: 幕末明治製鉄史 (1975), p. 130 [アグネ]
- 5) 杉谷雍介: 反射炉築立鑄砲ノ概略 (『大小銃砲録』収)
- 6) 奥村正二: 小判・生糸・和鉄 (1973), p. 186 [岩波書店]
- 7) 秀島成忠: 佐賀銃砲沿革史, p. 206, 同書巻末概要 p. 39
- 8) 江川担庵全集, 反射炉築造資料 (1972), p. 301
- 9) 佐久間貞介: 日本科学古典全書第13巻, p. 33
- 10) 佐久間貞介: 日本科学古典全書第10巻, p. 620
- 11) 幕末における佐賀藩鑄造の大砲とその復元 (佐賀博物館編) (1979), p. 39
- 12) 斉藤利生: 防衛大学校紀要第45輯 (1982), p. 239