

本遺構は、先述したように石組み遺構西壁の裏込めとなっており、石組み遺構とセットになった構築物である。つまり、石組み遺構を集成館事業における熔鉱炉に附属する施設とするならば、この突き固め遺構もまた同時期であり、その性格の有力な可能性として、熔鉱炉の基礎部分が挙げられる。ヒューゲニンの「熔鉱炉図」によれば、熔鉱炉の下部、地表下の構造として切石を積んだ構造物のような描写が見られるが、今回の調査ではそのような構造物は確認されていない。もし突き固め遺構が熔鉱炉の基礎部の一部とするならば、その構造物のさらに下部の基礎部分と考えられる。しかし熔鉱炉基礎と確認することは、考古学的にはきわめて困難である。今後、突き固め遺構の広がりとその形態が、なんらかの規格性を持っていることが確認できれば、熔鉱炉基礎としての蓋然性が高まると考えられる。

ただし突き固め遺構上面のレベルは、大正整地面のそれと同じであり、本遺構も大正時代に削平されたと考えられる。またこの突き固め遺構に由来すると考えられる同質の砂の層が、A・B-1～3・5～7区の石組み遺構上面などで認められる。これも大正整地面とほぼ同レベルであることから、整地の際に流された二次堆積と推測される。

おわりに -今後の課題-

2回の発掘調査により、島津斉彬時代の集成館事業のうち、熔鉱炉に関係すると思われる石組み遺構が検出された。またそれに付随する突き固め遺構は、熔鉱炉基礎部分の可能性もある。ただし現段階では、両遺構が熔鉱炉に関係する施設とする確認は得られていない。考古学的アプローチとともに、さまざまな方法による検証を必要とする。そのため報告者らは、2006年3月に第3次発掘調査を予定している。その際の課題として以下のものを掲げているが、その結果についての報告は別の機会に譲る。

(1) 石垣列について

- ・石垣下部の検出と、集成館事業時の地表面の確認

(2) 石組み遺構について

- ①A・B-5～7区の石組み遺構内部の検出、②石組み遺構北方部の確認、③石組み遺構の開口部下の施設の有無の確認、④石組み遺構内部から検出された板材の評価、⑤A・B-3区の石組み遺構東壁で確認された、一部積み方の異なる石材の評価、⑥B・C-1区において確認された加工痕を持つ自然石の評価、⑦石組み遺構における「暗渠部」の有無の確認

(3) 突き固め遺構について

- ・突き固め遺構の規模と形態の確認

(4) 遺物について

- ①出土遺物の年代等の性格評価、②出土鉄器・鉄滓の理化学的分析

(文責 渡辺芳郎)

謝辞

神域であるにもかかわらず、発掘調査をご快諾いただいた鶴嶺神社の宮司・島津修久氏（株島津興業会長）に心より御礼申し上げます。

付記

なお本報告に先行して、以下の3編の既報があることを付記しておく。

- ①上田耕・長谷川雅康 2004「薩摩藩集成館熔鉱炉の探求－発掘事前調査概要報告－」『薩摩藩集成館事業における反射炉・建築・水車動力・工作機械・紡績技術の総合的研究』平成14～15年度科学研究費補助金（特定領域研究（2））研究成果報告書 pp.116-126 薩摩のものづくり研究会（代表：長谷川雅康）
- ②渡辺芳郎・出口浩・長谷川雅康 2004「旧集成館・熔鉱炉跡推定地の発掘調査」『産業考古学会 2004年度全国大会（加悦）研究発表講演論文集』pp.9-12 産業考古学会

③渡辺芳郎・出口浩・長谷川雅康 2005 「旧集成館・熔鋳炉跡推定地第2次発掘調査概要」『薩摩のものづくり研究会 中間まとめ (2004.4～2005.3)』 pp.78-82 薩摩のものづくり研究会

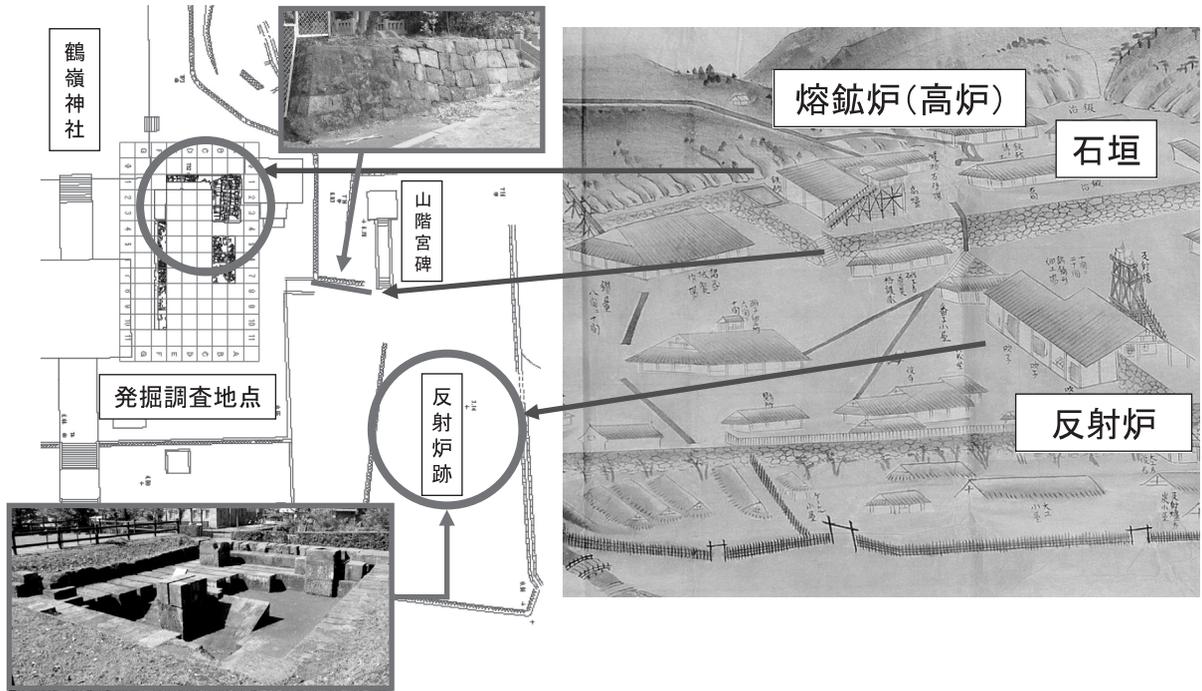


図1 『薩州鹿児島見取絵図』と発掘調査地点の関係

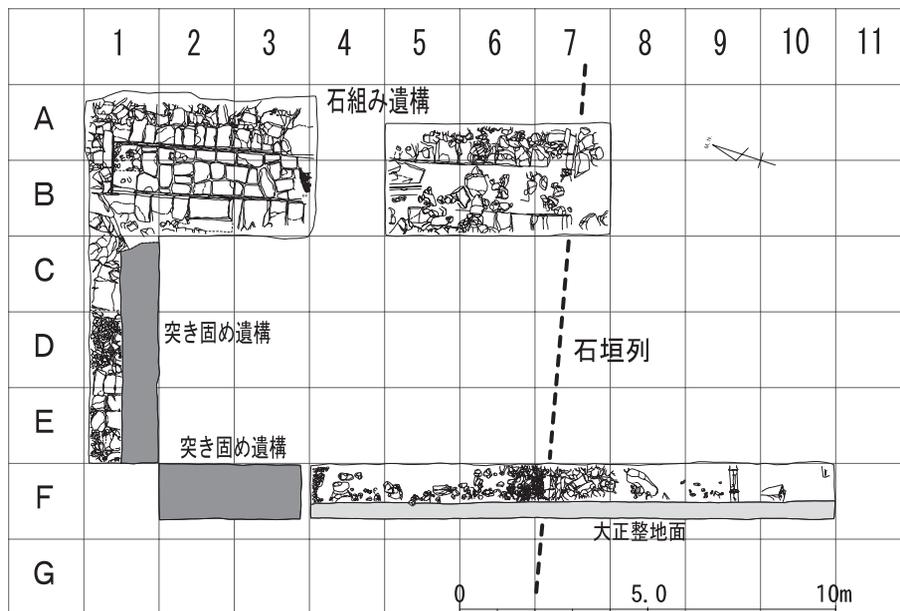


図2 遺構配置図

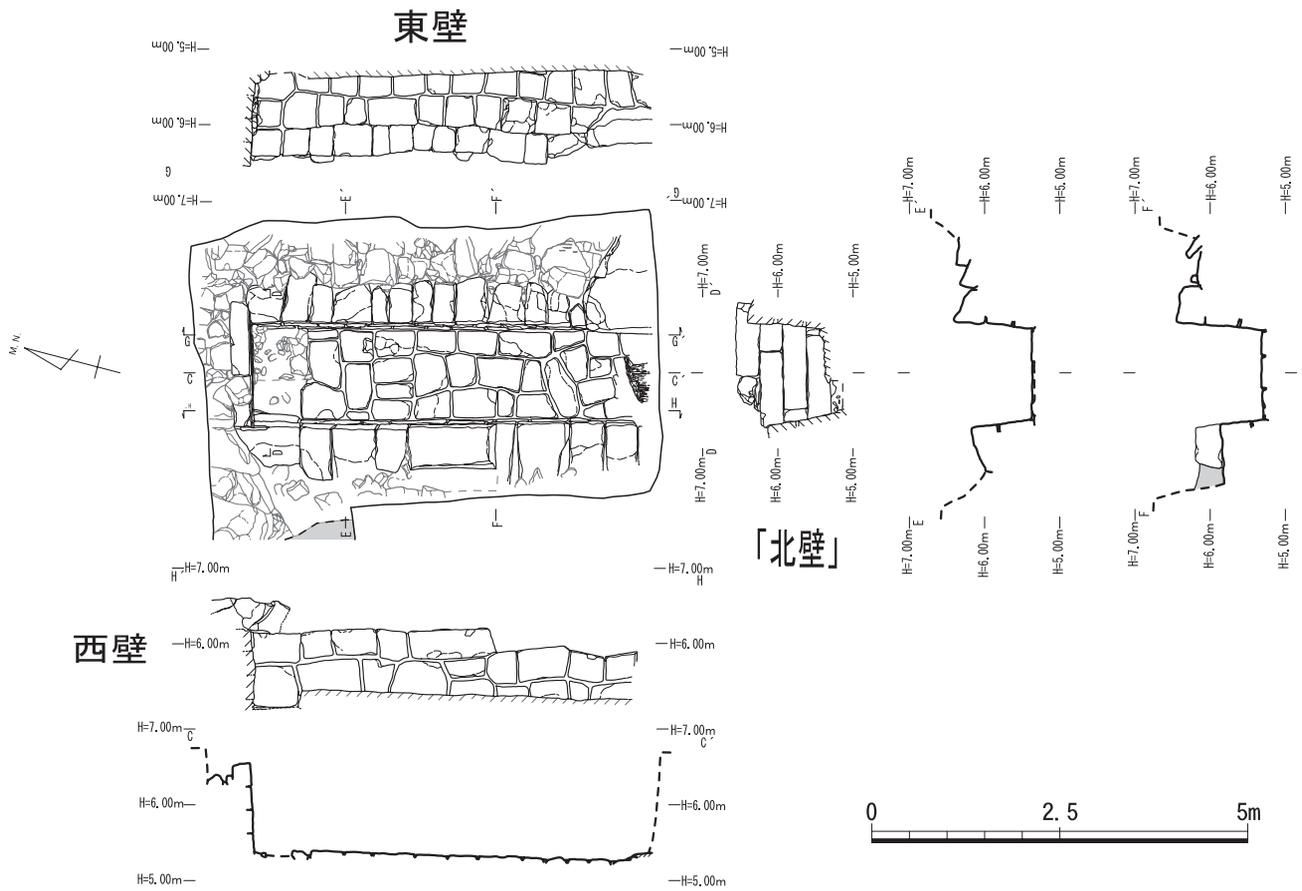


図3 A・B-1~3区 石組み遺構実測図

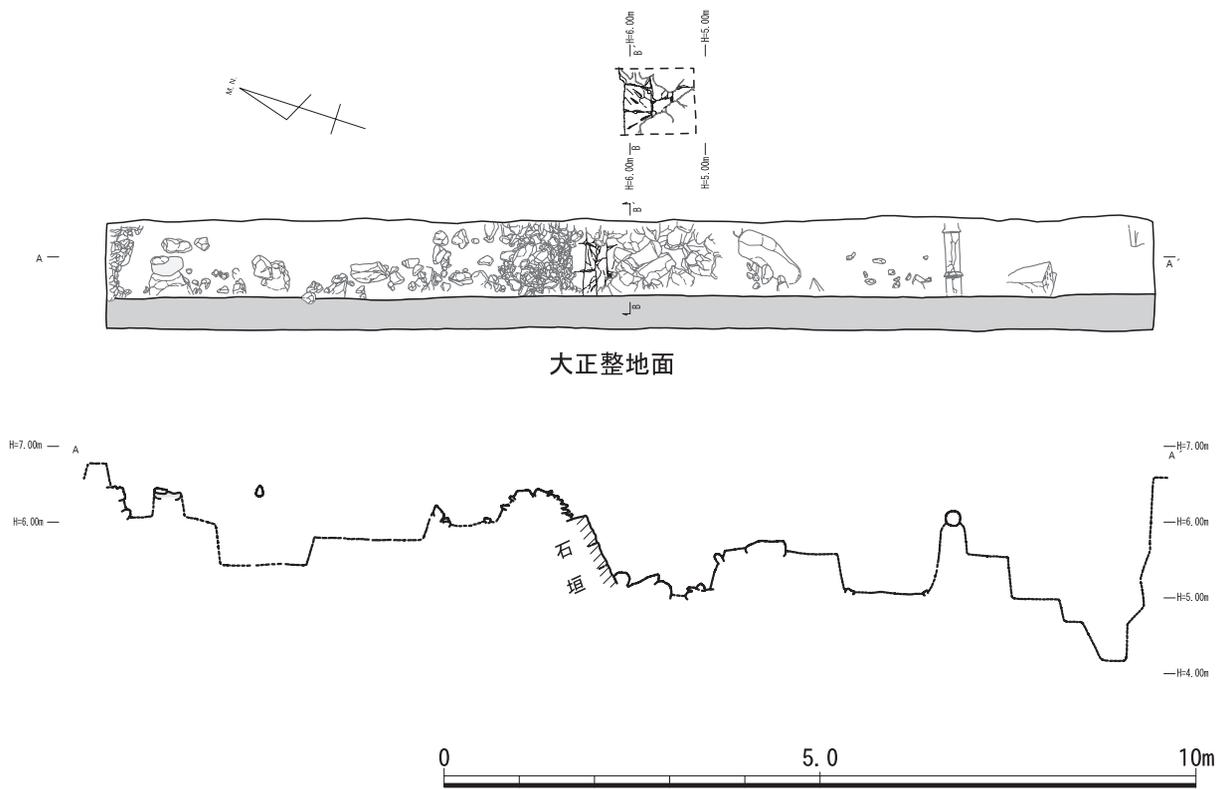


図4 石垣実測図



鶴嶺神社遠景



調査地点全景（南より）



A・B-1～3区石組み遺構（北より）



石組み遺構東壁



石組み遺構西壁



石組み遺構内検出の板材



石組み遺構「北壁」



「北壁」下部
※石組み遺構を破壊して北壁を作る



A・B-1～7区石組み遺構（南より）
※手前が石垣列と開口部



A～D-1区突き固め遺構（北東より）



A～E-1区突き固め遺構下部



F-7区石垣列（南より）



F-2・3区突き固め遺構（南より）

6-2 ヒュゲーニン著『ロイク王立鉄製大砲鑄砲所における鑄造法』の熔鋳炉に関する一考察 (その2)

長谷川 雅 康

1. はじめに

これまでのヒュゲーニン著『ロイク王立鉄製大砲鑄砲所における鑄造法』(1826年)の熔鋳炉(高炉)に関する研究では芹澤正雄が多くの論考を残している。その論考を少しく検討しながら、その熔鋳炉図(p.90参照)の源を考察してみたい。すなわち、ハッセンフラッツの『鐵冶金學』¹⁾にある高炉図を入手できたので、この図が芹澤の指摘する図であるか否かを考察する。また、芹澤の記述についても再検討してみたい。

2. 芹澤正雄のヒュゲーニンの高炉図に関する論考について

芹澤のヒュゲーニンの高炉図に関する記述で代表的なものは、『洋式製鉄の萌芽(蘭書と反射炉)』²⁾の記述である。関係する部分を以下に示す。

「一 序文の概要

序文の終わりに、刊行に協力した資料の収集調査や作図の担当者、および、実証のための実験施行者たちの名を紹介してその労を謝し、また、高炉の図はハッセンフラッツの書から引用したものであると言い、その提供者名を挙げている。」(同書 21 頁)

この部分について、芹澤は出典を明示していないが、手塚謙藏訳『西洋鐵煩鑄造篇』³⁾の以下の部分に該当すると思われる。

「予此の書を著すに臨みて、諸君の補助に由て以て世に公にすることを得たり。「デ、マヨール、ハッケ」人名君は第一葉の圖を「シデロテゼニー ハン ハツ」人名 ⁽⁴⁾「センフラトセ」地名より求め得て予に與ふ。且つ多く外國の分析術の詞を知らしむ。「マヨール、ニカライ」人名は外型及び其の尺度を告ぐ。その他「カヒテーン シナウキュ」及び始世の「ロイテナント、ホン、ヒユルテ」「トウトレウエ」共に人名等相集り、或は圖し、或は缺漏を補ひ、皆予を助く。」

なお、この部分には次の訳注が付けられている。「訳者注一 原書を参照するに「ハッセンフラッツの著述シデロテクニー(『鐵冶金學』)より……」の意。」

芹澤の記す「高炉の図」は、『西洋鐵煩鑄造篇』の「第一葉の圖」を指しているとみられる。しかし、ヒュゲーニンの原著の当該部分は、以下のように記されている。

“:de Majoor Bake, die de vriendelijkheid heeft gehad om de Tafel I uit de Siderotechnie van Hassenfratz te trekken,”⁴⁾

この中のTafel Iのことと考えられるが、これは表Iと表すべきものであり、本文の24頁と25頁の間に、TAFEL I .ハッセンフラッツによる鉄鋳石の分類、と題する表が掲載されている。この表の直前の24頁に、tafel Iはハッセンフラッツの“Siderotechnie”の第1巻89頁にある記述に倣って表すと書かれている。また、この表は『鍊砲全書』⁶⁾の卷之二には第一表例として表の形で訳出されている。このため、この芹澤の記述は訂正される必要があると考えられる。

また、芹澤はそれよりかなり早く、「U.ヒュゲニンのはなし」⁷⁾と題する文章を「鉄鋼界」に掲載している。その中に、次のように高炉の図に関して記している。

「當時有名なドイツの、カールステンのHandbuchder Eisenhüttenkunde(1816), Archiv für Bergbau and Hüttenwesenの引用がよく見られ、大砲鑄造技術にはフランスのG.モンジュやハッセンフラッツの著書からうけた影響も大きい。「鑄造法」の付図の第1章、すなわち高炉の図は、ハッセンフラッツのSiderotechnik(1812)から入手したものだという説明が見られる。

ベックの「鉄の歴史」(中沢護人訳)によれば、1822年のベルギー地区には、高炉 93 基、精錬炉 206 基、
鑄造所 19 工場があった。「鑄造法」は“イギリスには高炉 60ft のものがあるが、ネーデルランド南方地
区の高炉は 20 ~ 30ft である”、と述べ、図に示す高炉には“リエージュにある一般のもの”と付記して
いる。」

なお、この中の「鑄造法」とはヒュゲニンンの標記原著の略記。前半部にも出典が明示されていないが、
前述のことを踏まえての記述と考えられる。

また、後半の「図に示す高炉には“リエージュにある一般のもの”と付記している。」については、同図左
下のスケールの下にある筆記体の記述を指すと思われる。この記述については、京都大学の松田清教授によ
る解説の結果、次のことが書かれている。

Steendrukkery van't Ryks yzergeschiety te Luik. (ロイク国立鉄製砲鑄造所石版印刷局)

このため、この付記は恐らく本文の別の箇所に書かれたものと思われるが、筆者はまだ見出していない。
しかし、総体的に判断すると、この図に示される高炉は当時のリエージュ一帯で使われていた標準的な木炭
高炉であることは事実であろう。

3. ハッセンフラッツの『鐵冶金學』の関連部分の検討

前節では、芹澤の論考の問題点を指摘したが、ハッセンフラッツの著書に熔鋳炉の図はあるのかわからないのか
明らかにする必要がある。同書は国内では見つけられず、イギリスの大英図書館他に所蔵されているため、
2004年12月同図書館に赴き、当該著書を調べた。その結果、89頁に示す熔鋳炉図が同書第1巻の巻末付
録の図版集の中に見出された。この図 Pl.18(a) 以外に熔鋳炉全体を示す図版を見つけることはできなかった。

なお、この熔鋳炉図の説明が同書第1巻の297~299頁に以下のように記されているので、それらの内容を
訳出・紹介する。

図版 18(a) の説明

図 A 熔鋳炉の基礎図面

aa, 水・水蒸気排出用トンネル
c, 炉床の投影
t, 出銃開口部の投影
s, 送風装置開口部の投影

図 B 熔鋳炉の湯溜水準図面

c, 炉床
bb, 風口(床の溝)
r, 壁面の石材
ff, 支え壁保持用鉄具
t, 出銃開口部
s, 送風装置開口部

図 C 熔鋳炉の朝顔、2角錐体底面結合部図面

c, 炉床
d,d,d,d, 炉腹の図
ff, 支え壁保持用鉄具
t, 出銃開口部
s, 送風装置開口部

図 D 熔鋳炉のプラットフォーム図面

g, 炉頂装入口
bb, 炉上部支え壁
m,m, 炉頂壁
o, プラットフォームへの入口

図 E 出銃口側の熔鋳炉垂直断面図

図 F 送風装置側の熔鋳炉垂直断面図

c, 炉床
eghi, 湯溜
ihkl, 朝顔
lkno, 炉胸
g, 炉頂装入口
bb, 炉上部支え壁
m,m, 炉頂壁
vvvv, 炉体の二重支え壁

| | |
|-------------------|---------------|
| p, 炉頂部 | f,f, 支え壁保持用鉄具 |
| x, 頑丈な内壁 | q, 炉床石材 |
| y, 二重支え壁と内壁間の断熱体 | o, 出鉄口 |
| z, 二重支え壁の充填材 | d, (鉍滓取り) 堰 |
| aaa, 水・水蒸気排出用トンネル | t, 出鉄開口部 |
| u, 熔解板 | s, 送風装置開口部 |
| r, 砂層 | |

図 G 熔鋳炉の斜投影図

| | |
|------------------------|---------------------------|
| pxyv, 炉の地上構造体 | o, スラグ排出用下部壁面口 |
| xqux, 炉の基礎構造体 | gg,hh, 送風装置開口部 |
| z,z, 柔らかい土地の上に置かれた格子 | m, 鉄帯 |
| a, 熔鋳炉の湿気排出用トンネル | ss, ふいご |
| f,f, 構造物内を貫く鉄具固定用鉄アンカー | rr, 水受板を持つ水車 |
| bb,cc, 出鉄開口部 | l,l, ふいご駆動カムを持つ回転軸 |
| m,m, 鉄帯 | nu,un, カムでふいごの羽根を引き上げる平衡錘 |

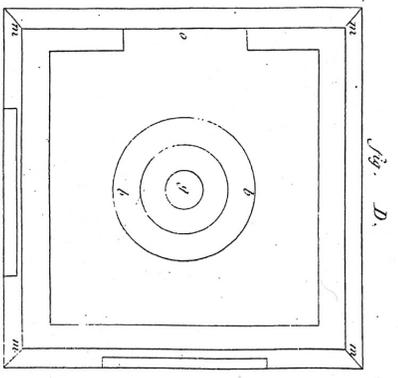
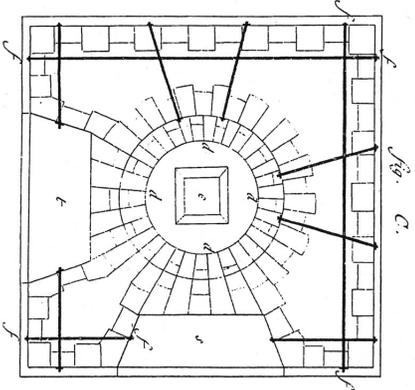
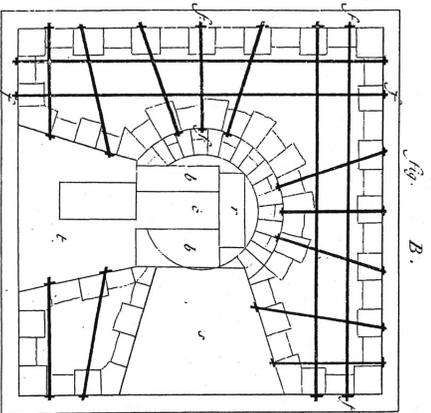
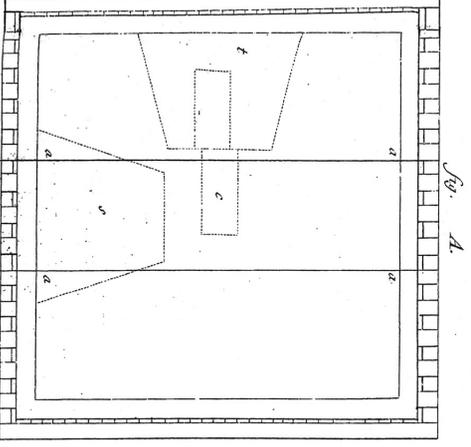
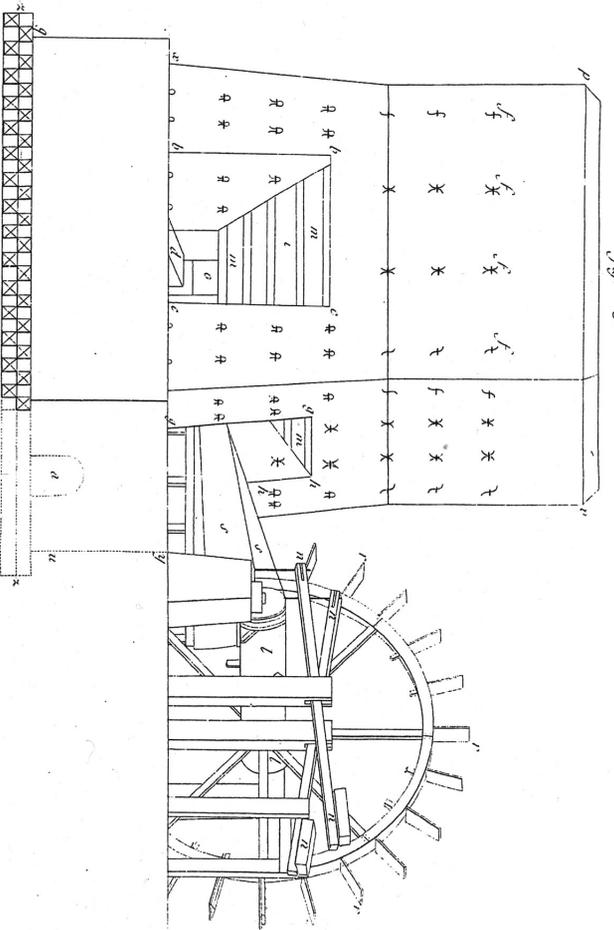
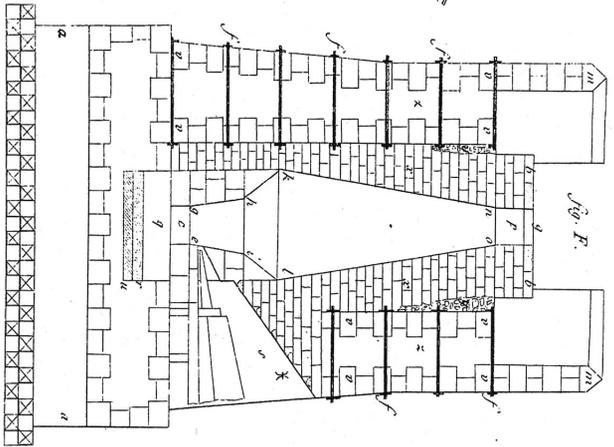
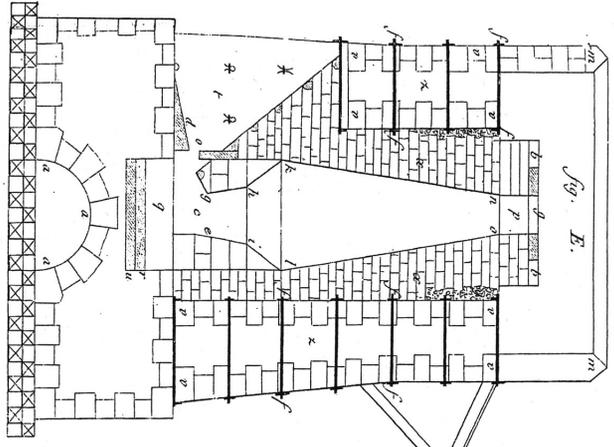
これらの断面図から計ると、朝顔角は 53° 程度、炉高 / 朝顔径 (H/B) は 3.3 と読みとられる。これらの値は、R.F.Tylecote “A History of Metallurgy” の図⁵⁾ に示された値 (1800 年前後) 50°~70°、3.7 程度に比べると、朝顔角は範囲内であり、炉高 / 朝顔径は少し低い値を示している。しかし、大きな差ではなく、同時代の木炭熔鋳炉を示すと考えられる。ただ、ヒュゲーニンの炉の数値とは差がある。また、炉の外壁と内壁の構造は似ているが、内壁の組み方に違いが認められる。

一方、ふいごについて見ると、高炉にとって最も重要な装置は送風機である。18 世紀全体を通じて木のふいごが支配権を維持し、皮革のふいごも一部の地方で使われていた。リェージュの鉄の博物館に保存されている熔鋳炉は皮革のふいごが備わっている。2 基のふいごが対にして設置され、水車の回転軸のカムによって交互に駆動され、送風する機構である。これに対し、ヒュゲーニンの図に画かれたふいごは、それより新しいタイプのふいごであり、円形のシリンダーとカム機構で上下するピストンにより送風する。その後、登場する蒸気機関運転のシリンダー送風機に繋がる構造を持っている。こうしたことから両者のふいごには明らかな違いがみられる。

以上のように見てくると、両者の熔鋳炉図は一定の相違が認められる。L. ベックは、『鉄の歴史』の中で、18 世紀前半の高炉法について「18 世紀の初期には、炉の構造がきわめて多様になり、それぞれの地方、国によって、きまった炉の構造、プロフィール、タイプが完成されるにいたったと見ることができる。」⁸⁾ と述べている。その後ハッセンフラッツやヒュゲーニンらが著作活動した 19 世紀前半に至っても、炉の地域による特性は引き続き維持されたと考えられる。このため、ヒュゲーニンはハッセンフラッツの著作を種々参照したとはいえ、その熔鋳炉図をそのまま引用したのではなく、リェージュ一帯で使われていた標準的な木炭熔鋳炉の図を自著に採用したと考えられる。

4. 終わりに

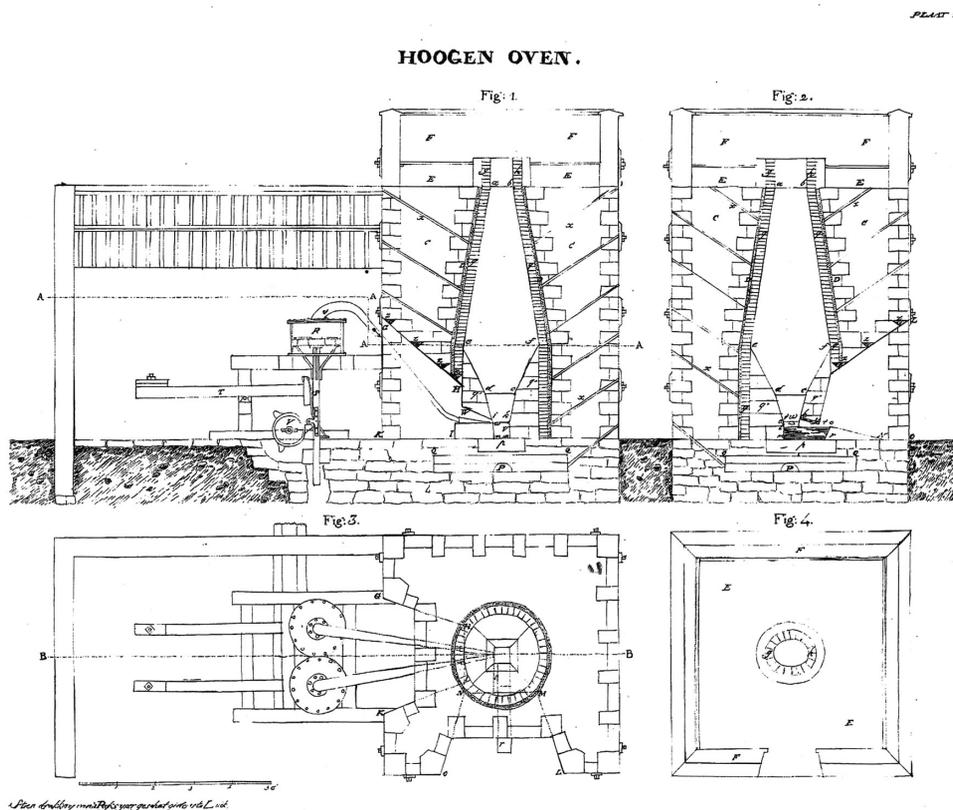
本小論は、昨年 3 月刊行の平成 14 年度～平成 15 年度科学研究費補助金 (特定領域研究 (2)) 研究成果報告書 (課題番号 14023215) 「薩摩藩集成館事業における反射炉・建築・水車動力・工作機械・紡績技術の総合的研究」に掲載した小論の続編である。19 世紀前半に書かれたヒュゲーニンの技術書にある熔鋳炉の図が薩摩藩の熔鋳炉創建のテキストになったと考えられる。このため、その図の源を突き止めたいと追求してきた。その現段階でのまとめである。不十分さは否めない。識者のご批判・ご教授をお願いしたい。



この小論をまとめるに際し、多くの方々のお力添えを頂いた。とくに、京都大学の松田清先生、東京経済大学名誉教授内田星美先生、並びに大英図書館でのハッセンフラッツの著書閲覧について不慣れな筆者らをご援助頂いた中京大学の小野征夫教授夫妻に心から謝意を表します。

註

- 1) J.H.HASSENFRATZ. “LA SIDEROTECHNIE, ou L’ART DE TRAITER LES MINERAIS DE FER” TOME PREMIER.1812 本著は4巻から成る。
- 2) 芹澤正雄『洋式製鉄の萌芽（蘭書と反射炉）』（アグネ技術センター、1991）21頁
- 3) 手塚謙藏訳『西洋鐵煩鑄造篇』三枝博音編『日本科學古典全書 第九卷』（朝日新聞社、昭和17年）310頁
- 4) U.HUGUENIN “HET GIETWEZEN IN’s RIJKS IJZER-GESCHUTGIETERIJ, TE LUIK,” 1826, xiii
- 5) R.F.Tylecote “A History of Metallurgy” Second Edition, 1992, The Institute of Materials, p.131(Fig.94), p.133(Fig.96)
これらの図は、平成14年度～平成15年度科学研究費補助金（特定領域研究（2））研究成果報告書（課題番号 14023215）「薩摩藩集成館事業における反射炉・建築・水車動力・工作機械・紡績技術の総合的研究」平成16年3月 p.160に掲載している。
- 6) 伊東玄朴、後藤二郎、池田才八、杉谷雍助同譯『鉄砲全書』財団法人鍋島報効会所蔵
- 7) 芹澤正雄「U.ヒュゲニンののはなし」『鉄鋼界』昭和49年7月号、pp.68-71
- 8) ルードウィヒ・ベック著、中沢護人訳『鉄の歴史』第3巻第1分冊 p.241,1979年



参考図 ヒュゲニンの熔鋳炉図（1826年）

（鹿児島大学教育学部）

1. はじめに

我が国の製鉄技術の近代化は、幕末期以降に洋式の反射炉と熔鋳炉を築造することから始められた。その過程はかなり複雑な様相を呈したが、本稿ではとくに熔鋳炉の形状に注目しながら導入過程を辿る。外来の熔鋳炉を導入した際の困難に日本人技術者がいかに対応したかを検討する。このことにより、技術文化の移植のあり方を考え、近代化の意義を考察したい。

2. 幕末期の洋式熔鋳炉

(1) 薩摩藩

これまでの文献調査および発掘調査により、薩摩藩が1854（安政元）年に構築した日本初の洋式熔鋳炉が実在したこと、そしてその造られた位置がほぼ推定されるに至った。1857（安政4）年に集成館を訪れた佐野常民ら佐賀藩士の見聞に基づいて描かれた『薩州鹿兒島見取絵図』の信憑性が極めて高いことが判明した。その絵図に描かれた集成館熔鋳炉図（図1）もその信憑性が高いと考えられる。この絵図に示された炉体形状は、そのテキストに使われたヒュゲーニンの『ロイク国立鉄製大砲鑄造所における鑄造法』（1826）の熔鋳炉図（p.90の参考図参照）の形状に類似している。最初の洋式熔鋳炉構築であったため、忠実にテキストを再現しようと努めた結果と思われる。

こうした構築に関わった薩摩藩士の技術者竹下清右衛門は、その後水戸藩主徳川斉昭の要請を受けて那珂湊で大島高任らと協力して反射炉を建設した。その際、薩摩の種々の経験が大島に伝えられたと考えられる。大島のその後の南部藩での熔鋳炉建設に繋がっていったとみられる。

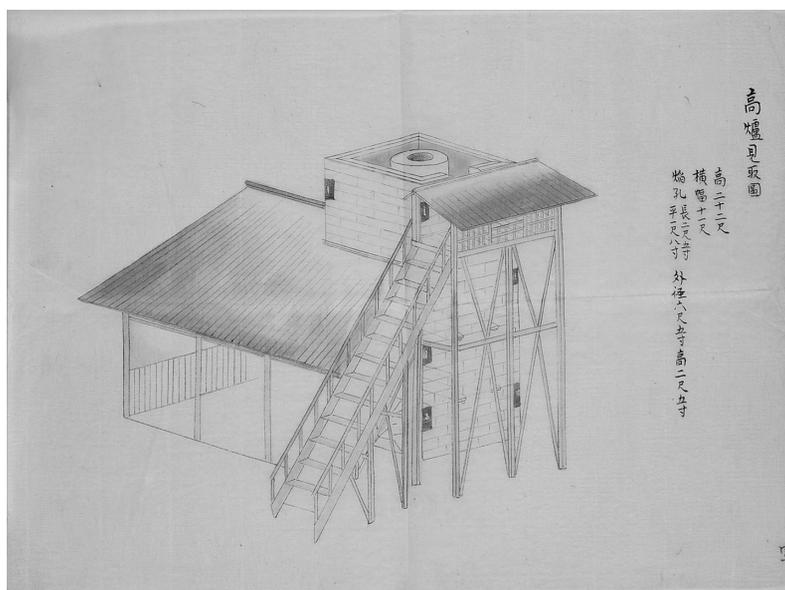


図1 『薩州鹿兒島見取絵図』の熔鋳炉図

(2) 南部藩

水戸藩の反射炉築造を指導して、1855（安政2）年に完成させた大島高任は、良質の鉄の必要に迫られ、南部藩領釜石で洋式高炉を建設し、鉄鉱石精錬の実用化に成功した。表1には幕末・明治初期の釜石鉄鋳

山地域の高炉の概要を示す¹⁾。大島がヒュゲーニンの『ロイク国立鉄製大砲鑄造所における鑄造法』(1826)に基づいて築造した大橋高炉は、1857(安政4)年12月1日に初出銑したが、当初順調に操業ができず、3年掛かりで改修・研究が行われ、1859(安政6)年3月に操業が軌道に乗った。図2は、大島高任が設計したと言われる熔鋳炉図である²⁾。大島らは、炉胸を密閉式に、炉口部の側面に原料投入口を、送風機を桶形から箱形に、鉄鋳石を焙焼して粒度を揃え、石灰石を廃止するなどの改良を行った。

表1

| 高炉名 | 基数 | 完成年 | 廃棄年 | 所在地 |
|-----|----|------------|------------------------|-----------|
| 大橋 | 3 | 1857(安政4)年 | 1875(明治8)年 | 釜石市甲子町大橋 |
| 橋野 | 4 | 1858(安政5)年 | 1868(明治元)年? | 釜石市橋野町青の木 |
| 佐比内 | 2 | 1860(万延元)年 | 1874(明治7)年まで操業 以降下詳 | 遠野市上郷町佐比内 |
| 砂子渡 | 1 | 1864(元治元)年 | 1877(明治4)年? | 釜石市甲子町砂子渡 |
| 栗林 | 1 | 1869(明治2)年 | 1877(明治10)年代? | 釜石市栗林町大沢 |

表1に示す釜石鉄鋳山地域の高炉製鉄所は、全て原料(鉄鋳石、木炭)立地の山地型製鉄所の性格を有し、1869(明治2)年には銑鉄生産能力120万貫目(4,500t)の規模に発展していた。

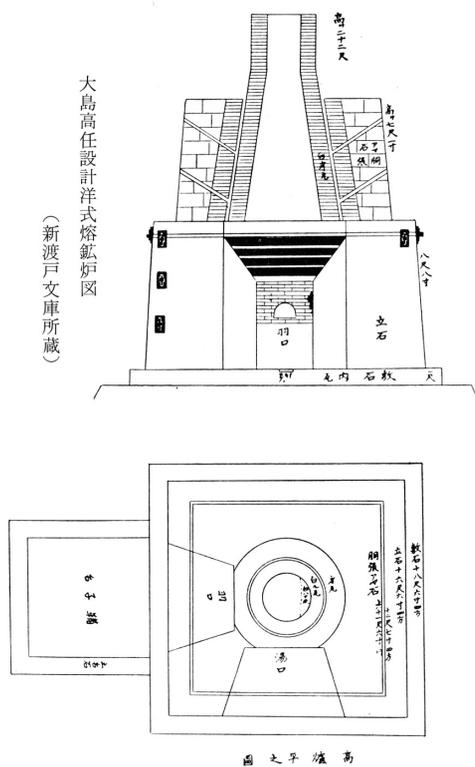


図2 大島高任設計洋式熔鋳炉図

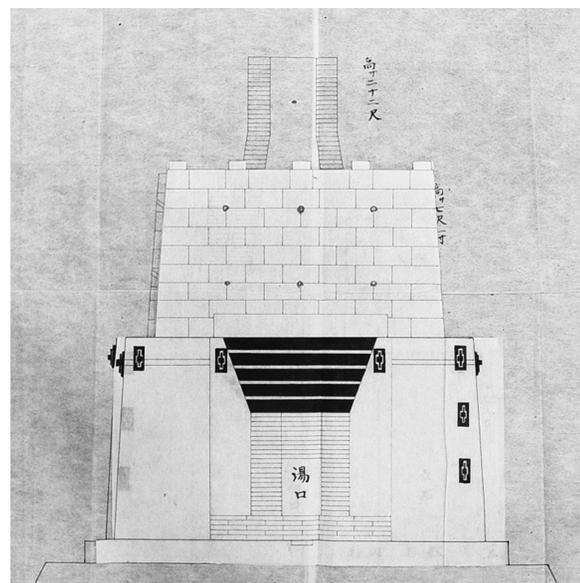


図3 大橋熔鋳炉図(釜石市立鉄の歴史館蔵)

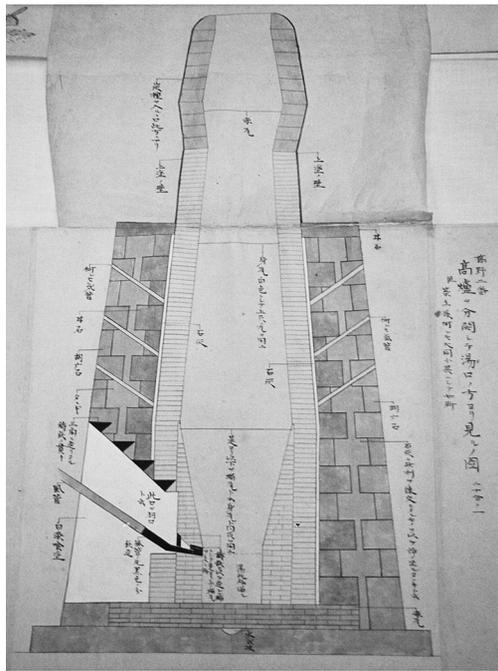


図6 橋野二番高炉ヲ分開シテ湯口ノ方ヨリ見ルノ図 (二十分ノ一) 10)

高炉の内部構造は全く欠損してほとんど原形を留めていない。それについては、南部家絵巻の記述から類推するほかない。基壇の上に二段の構造あり。最上段は鉄鉱石と木炭の投入口を側面に持つ煙突部。この高さ約九.七尺。下段は花崗岩で外郭を組み上げた部分で、高さ十六.四尺。湯口側では下底の幅十四尺、上底の幅約十尺。総じて、高炉の総高は二十六.一尺。炉体の内部構造は、図6の断面図にある内側から塙瓦・身瓦・白漆喰・甘石・タタギ・花崗岩(胡麻石)と六重になっている。同図には、「身瓦白色ニシテ上品ノ瓦ヲ用ユ・是ヨリ以下ヲ塙瓦ト云身瓦ト同品ヲ用ユ・此口ヲ羽ロト云・炭種ヲ入ルル口此方ニアリ」などの説明がある。なお、炉底は花崗岩を最下部に布設し、その上に耐火粘土を三.五寸の厚さに積み固めてあることが一番高炉で知られている。二番高炉も同様の構造と考えられる。

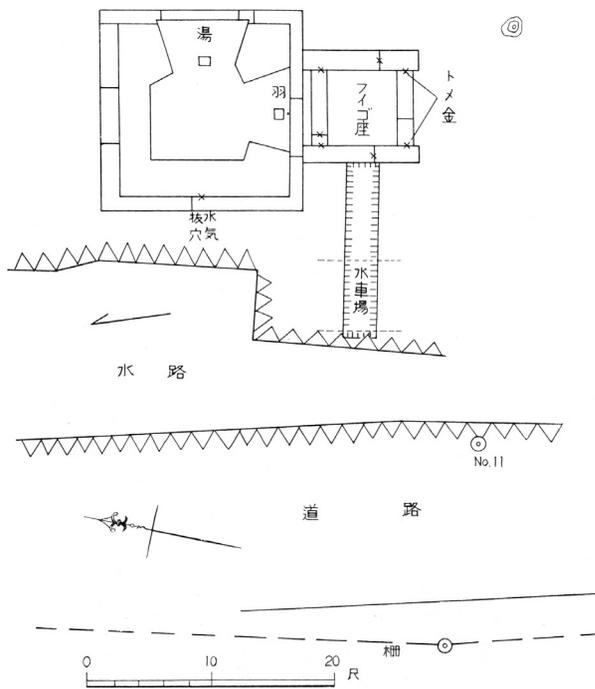


図7 二番高炉近傍図

高炉の南側で現地地表下二.五尺にファイゴ座が残存し、平均幅一.四尺の花崗岩で方形に一段の枠取りがあり、内法寸法は南北約五.六尺、東西六尺、ファイゴ座の深さは約三尺。図7 2)。

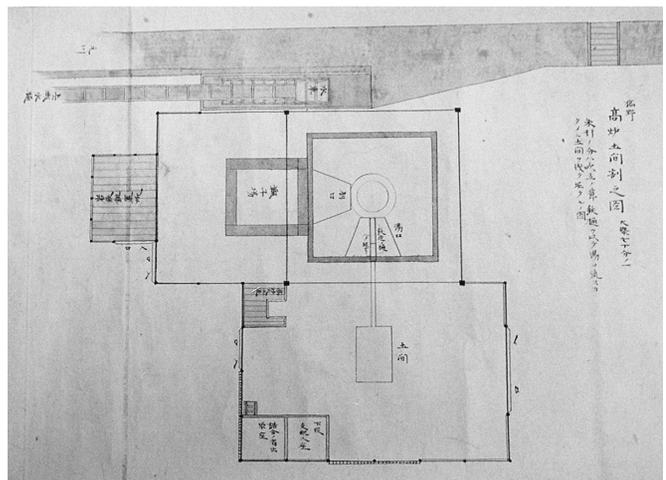


図8 橋野高炉土間割之図 10)

水車場は、フイゴ座から西七、七尺の地下に残存し、幅五、八尺、東と西の両側は板でおさえてあったらしく、深さは約七尺。なお、水車は上掛け式で、車輪の径は十六、七尺位であった。これらの位置関係は図8と対応させて見ると解りやすい。(ただし、両図は上下関係が逆であるので、注意を要する。) また、図9はその上掛け水車と樋の様子を示す絵巻の図である。

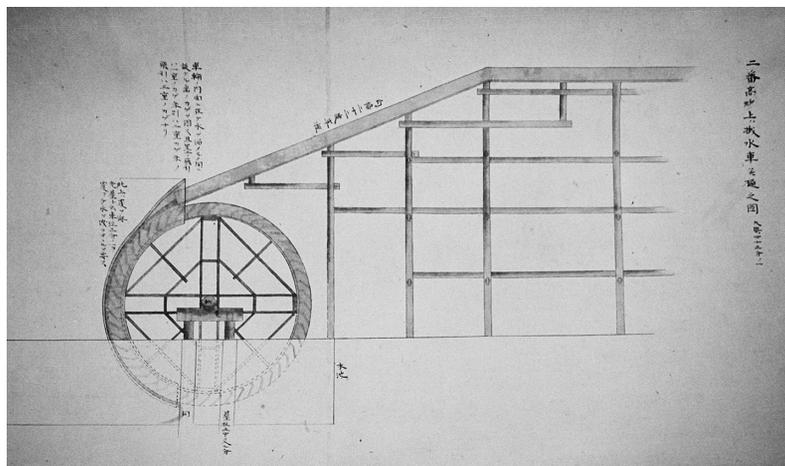


図9 二番高炉上掛け水車並樋之図¹⁰⁾

大橋周治は、橋野・大橋の高炉の工場立地について、①鉄山との運搬距離、②必要な工場敷地、③水流という3つの要因のとらえ方がほぼ類似すると指摘している³⁾。つまり、人間の背または牛馬によるしか、鉱石運搬の手段をもたなかった当時としては、鉱石採掘場から最短距離であることがまず必要であった(青ノ木鉄坑～橋野間約3 km)。しかし当時の高炉は、今日のそれと違い、数日長くて一ヶ月程度で修理を要したため、交代で常時操業を保つためには、少なくとも高炉二基ないし三基とその付属設備を設けるにたる平地を必要とした。しかも動力用の水車を設けうる水流のある所でなければならない。さらに、花崗岩の巨石の運搬などの要件も考慮すると谷の一番奥こそが最適の場所として選ばれた。また、木炭の焼成ができることも共通する要件である。図4、図5に示した橋野鉄鉱山には人工の用水路に沿って、上流から一番、二番、三番の高炉が配置され、そうした条件が備わっていることがみとめられる。

(3) 洋式熔鉱炉移植の技術史的意義

幕末期に鹿児島・釜石などで相次いでわが国に移植された洋式木炭熔鉱炉技術は、釜石鉄山で大島高任らによって実用化され、しだいに定着していった。この洋式技術は在来のたたら製鉄法に対し、次のような変革的意義を持っていた⁴⁾。

- ① 従来ほとんど未利用だった豊富な鉄鉱石資源が、はじめて鉄産業のための資源となった。従来の砂鉄採取(鉄穴流し)に比べ、鉄鉱石の採掘ははるかに容易で効率的である。それを熔鉱炉に使用することではるかに高い生産性を有した。
- ② 送風用の動力が、従来の人力から水車に変わった。これは人間の労働の軽減だけでなく、高温の保持により、初めて銑鉄の量産を可能にした。
- ③ 製鉄炉の構造自体がたたら炉(3～4昼夜で壊す)に比べ、長期の使用を可能にし、高い生産性を保持できる。
- ④ 工場制工業の出現を促した。熔鉱炉による製鉄は、ひとたび炉を原燃料の産地近く、もしくは市場に近い場所に設ければ、生産の場を固定して、原燃料あるいは製品の鉄のいずれかの運搬を確保することにより生産を行った。ここには必然的に工場的規模の工業が出現し、近代鉄鋼産業への地盤がつくられた。

こうして、釜石鉄山への洋式製鉄技術の移植は、技術的に砂鉄銑から鉍石銑への移行を、経営的にはマニュファクチャ的企業の実現をもたらして、わが国の鉄産業の近代産業への第一のきっかけとなった。

3. 明治期の洋式熔鉍炉

(1) 官営釜石製鉄所

明治維新後、明治政府による官営釜石鉄山は工部省所管による大橋・橋野・佐比内・栗林の四鉄山をもって始まり、やがて大橋鉄山のみを中心に採鉍・精錬事業が開始された。造船や鉄道建設、機械製作などの諸事業の拡大が急務となり、新製鉄所建設を目指すこととなった。大島高任とお雇い外国人技師L. ビヤンヒーは釜石に出張して、その建設地選定その他創業計画の立案に着手した。しかし、両者の意見が異なり、いわゆる大唯越説（大島）と鈴子説（ビヤンヒー）が工部省当局の採決を仰ぐことになり、鈴子の「熔鉍所」建設地点に決裁された。

両者の計画の大きな違いは、高任は働く人々の環境条件に重きを置き、創業計画全体との関連において、生産技術をどのように風土に定着させてゆくかという点にあった。産業革命をすでに経たドイツの技術者ビヤンヒーは比較的大規模高能率の高炉と、これに鉍石を運ぶための近代的鉄道の建設などを企図したのに対し、高任は従来の経験からまず昼夜の作業に最も安全な地形を選び、高炉は比較的小規模なもの5基、その運鉍手段は軌道馬車のような当時の技術水準に即した創業計画つまり漸進的な技術開発の道を選んだ。工部省は前者を選択し、官営釜石鉄山の事業と建設は大島を抜きにして進められた。

官営釜石鉄山における製鉄諸設備は、高炉（鉄皮式 25 トン熔鉍炉 2 基）をはじめ熱風炉その他付属設備から錬鉄工場諸機械に至るまで、さらに釜石港と採鉍場・製炭所を結ぶ釜石鉄道の汽関車・貨車なども全てイギリスから輸入された。その築造、建設ならびに操業の指導もほとんどイギリスの技師・職工長に仰いだ。

1880（明治 13）年 9 月 10 日鈴子工場で製鉄作業が開始された。図 10—1 に当該高炉の断面図を示す⁵⁾。なお、図 10—2 はこの炉の内形を m 単位で示す。この炉は、木炭熔鉍炉で、日産能力 25t、内容積 98m³、4 本の羽口を備え、3 本の熱風炉を持つ、当時の日本にとっては最先端の熔鉍炉であった。操業開始後、11 月には日産 7 t 程度の銑鉄を生産できるようになり、種々の需要に応ずるよう企図していたが、12 月 9 日に小川製炭場が火を発生し、炭舎他 15 棟を消失したため、木炭の欠乏により、12 月 15 日製鉄作業を停止するに至った。始業から 97 日間の操業で、約 151t 日産平均約 15.4t であった。図 10—3 には、操業中の外観を示す。

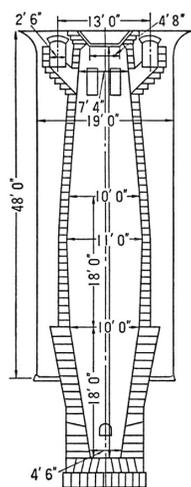


図 10—1 官営釜石鉄山高炉（イギリス製 25t）

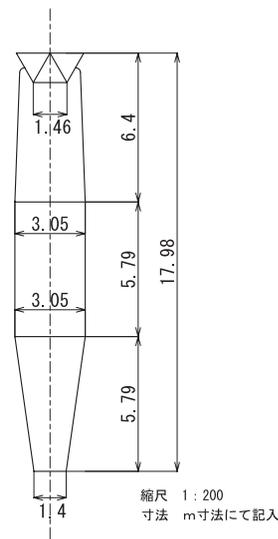


図 10—2 官営釜石鉄山高炉内形図

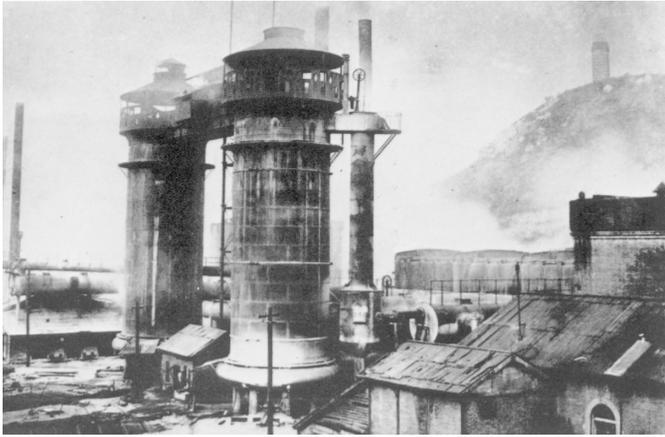


図 10—3 官営釜石鉄山高炉の外観

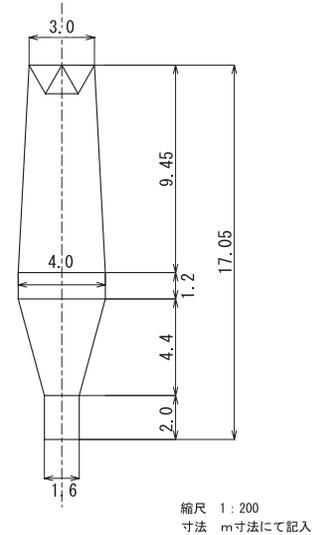


図 11 釜石鉄山田中製作所改築高炉図

この第一次操業停止（失敗）の直接の原因は、製炭場の失火による木炭の不足であるが、より根本的な原因は木炭の供給計画のずさんさであると言われている。作業再開のために、「製炭ノ量ヲ増シ、連綿其需用供給スルノ準備ヲ」推進することとし、遠くの製炭地から焼炭夫が集められ、また石炭の確保とコークス炉 48 基の新設などが行われた。

第二次操業は 1882（明治 15）年 2 月 28 日に火入れした。作業は当初順調と思われたが、順次使用燃料の黒炭が軟柔で途中自重により碎けて粉末となり、結果として炉内温度が十分上がらず良質の銑鉄ができない事態に陥った。さらに、木炭に替えてコークスを使用したが、そのコークスの粗悪さが決定的な原因となって、銑鉄が流出しなくなってしまった。同年 9 月 12 日操業を停止した。外国人技師も対応できず、工部省当局は調査に乗り出したが、同年 12 月 18 日廃山の決定が下された。

一部に巨大資本を投じ、最新・大型の高炉や鉄道を据えても、これに関連する周辺領域の作業がまったく人力による原始的技術の段階に留まっていたのでは、労働災害の恐れこそあれ、製鉄技術全般が円滑に進むわけがない。大島高任が新製鉄所計画作成の際、最も考慮した点であった。

この官営製鉄所の失敗原因については、その後 1893（明治 26）年野呂景義による『釜石鐵山調査報告』が出されている。その結論として、失敗の原因は以下の 4 点にまとめられている。

- (一) 鑛床ノ調査不十分ニシテ採鑛区域ノ甚タ狭少ナリシコト
- (二) 木炭山区域ノ狭少ナリシコト
- (三) 當時鐵ノ需用ノ僅少ナリシコト
- (四) 人夫及牛馬ノ賃金其他百般ノ需用品ノ価格非常ニ騰貴シタルコト

これらの原因の中で、(三) がクルト・ネッターの指摘のように、当時の日本では未だ鉄需要がわずかであって、当面の膨大な欠損が生じる操業をあえて続ける必然性が見当たらなかった。そのため、釜石の事業中止が決定されたと考えるべきであろう。この官営製鉄所建設プロジェクトは、潜在的需要あるいは需要発掘への見通しが不透明なまま、先進諸国における基幹産業であるからというだけで計画が遂行された。このことが失敗の根本的原因であったと言える。

また、野呂報告には、第二次操業停止の直接のきっかけとなる炉内凝結の原因について、欠損を極力減額するために焼鑛せずに生鑛石を投入したり、粗悪なコークスや石炭を炉に投入したりしたためとしている。第一次操業で不完全ながら、97 日間連続出銑していることから、一般に言われているような高炉形状不適合が失敗の原因のすべてではないと考えられる。

さらに、別の資料からも、鉍滓凝固の原因となった生鉍石等の投入も、特に経費節減のためにされたものではなく、事業中断のために故意に行われたと指摘されている。操業中止・施設廃却の原因は、野呂景義が指摘した4点であり、特に当時の鉄需要が脆弱であった点である。炉内閉塞は副次的な要因であったが、廃業を速やかに進めるための大きな意味を持つ政治的な事件であったと言われる⁶⁾。

(2) 釜石鉍山田中製鉄所

1885(明治18)年民間商人田中長兵衛(1834～1901年)は工部省に願い出て、旧官営工場内の地所の一部と残存鉄鉍石・木炭などの払い下げ・借用を受けた。その管理者に番頭の横山久太郎を派遣し、現地での職員の募集や工場整備に当たさせた。長男安太郎も海軍造兵廠に製鉄の理論と実際の習得のために行かせて、準備を進め、1886(明治19)年9月小高炉による銑鉄試製に成功した。翌年旧官営鉍山敷地・設備など残存のいっさいの払い下げを受け、7月釜石鉍山田中製鉄所を創立した。

同製鉄所は、釜石村鈴子のほか、鉄鉍石採掘現場に近い甲子村大橋や栗橋村橋野などに高炉を増設した。ただそれらの熔鉍炉の容量はかつて大島高任が築いた程度の日産5～6tという小型で、水車動力による送風であった。旧官営時代の25t高炉は技術的に無理があり、燃料木炭の調達に自然条件に制約されていたためである。とりわけ、同製鉄所が製出する釜石銑鉄にはまだ確固たる需要が伴っていなかったためである。当時の立地条件・市場条件にマッチした手堅い経営で、まず技術の確立を図ったと言える。

当時の鉄鋼需要は、1889(明治22)年の統計で内国産は全需要の19%を満たすに過ぎず、ほとんどを輸入に依っていた。とくに軍用、一般産業用ともかなりの需要が起こっていた。釜石銑鉄は確固たる需要を得るため、1888(明治21)年から大阪砲兵工廠に自社銑鉄の鋼への精錬と、これによる軍器製造の試みを依頼していた。1890(明治23)年イタリアのグレゴリー銑に較べ決して劣らぬものであることが立証された。以来同製鉄所は大阪砲兵工廠に自己の銑鉄の強力な需要先を見出し、旧官営時代の25t高炉の復活によるコークス製銑技術確立に挑戦することとなる。

当時同製鉄所には、大阪砲兵工廠をはじめ諸都市の水道用鉄管材料や一般産業分野からの需要などが広く起こり始めていた。日産5～6t高炉数基では到底需要に応じられない。この状況に対応するため、同製鉄所は旧官営時代の25t高炉の改修による復活を試みた。

この際、技術面の指導をした人物が野呂景義(1854～1923年)であるが、飯田賢一は野呂を明治・大正期の最も優れた製鉄技術者と評価する⁷⁾。野呂は1882(明治15)年に東京大学理学部採鉍冶金学科を卒業後、ロンドン大学で電気工学と機械工学を学び、さらにドイツ・フライブルク鉍山大学で鉄冶金学をレーデブーア教授に師事し、理論と実際を学ぶ。ついでクルップなど世界の著名な製鉄工場で実習を重ね、1889年に帰国後直ちに帝国大学工科大学教授兼農商務技師になる。以来鉄冶金学の後進を育成する傍ら、釜石はじめ各地の鉍山、製鉄現場で技術指導にあたった人物である。

すでに述べたが、野呂は1892(明治25)年に釜石鉍山田中製鉄所の調査を依頼され、その結論の一つとして、25t高炉の再操業すべきことを田中に推奨し、技術改良の注意点を示し、指導を与えた。翌1893年同製鉄所は野呂を顧問に迎え、同時に野呂の教え子香村小録を現場の技師長に招き、25t高炉の復活に直進する。

野呂の同製鉄所改良案で注目すべきは、木炭・鉄鉍資源および当時の需要状況を考え、一挙にコークス製銑技術一本に絞らず、質的に優れる木炭銑鉄をつくる傍ら、コークス銑鉄を生産すべきと進言した。漸進的かつ着実に新しい生産技術を確立し発展させる方法を採用している。コークス製銑法はイギリスのA.ダービー二世によって1735年に開発された技術であり、日本には160年ほど遅れて導入されたことになる。

25t高炉の再操業には、いくつかの改良工事が必要だった。主に次の3点である。

(1) 一基の煙突を熱風炉と汽缶とで併用することを止め、それぞれ別に煙突を設ける。

(2) 高炉内部の形状を図 11 のように改築した。

(3) 鉄鉱の焙焼不十分と推測されたので、シレジヤ式焙焼炉を新設した。

以上の改良工事を香村小録が行い、1894 (明治 27) 年 11 月に竣工し、それと同時に吹き立てに着手した。当初大雨にあい、種々の困難に遭遇したが、10 日間ばかりで好調に転じ、1 ヶ月を経て予定の成績を得た。その後コークス炉の完成を待って、木炭からコークスに代えて操業し、出鉄量を増進した。同製鉄所の鉄生産高は 1893 年には約 8,000t であったが、翌 1894 年には約 13,000t に急増し、中国地方の全鉄類生産高を凌駕し、全国対比 65% と過半を占めた。コークス製鉄技術の確立という意味で、1894 年は日本の近代製鉄業の基礎が確立された記念すべき年と言えよう。

このように、1890 ~ 1900 年代 (明治 20~30 年代) は日本の製鉄と製鋼 (ここでは省略) において、前者は釜石の高炉操業が、後者は陸海軍諸工廠のルツボ炉・平炉操業が代表することになった。1890 年代には綿糸紡績業をはじめ軽工業を中心とする産業革命が急速に進展し、鉄道事業が旺盛となり、造船や機械工業が次第に勃興し、それに伴って鉄鋼への需要も年々急増した。しかし、鋼材をつくる製鋼・圧延部門の進展は、軍事技術によるゆがみの故に遅れを取っていた。

(3) 官営八幡製鉄所 (農商務省製鉄所)

これまで見てきた時代には、製鉄の現場が鉱山の中で行われていたため、鉱業と呼ばれていた。しかし、鉄鋼の需要の増大に応えうる生産を実現するためには、従来の鉄鉱石立地から石炭立地に移り、さらに消費地立地へと推移してゆく。産業構造の上で、鉱業から鉄鋼業の分化発展をもたらす、製鉄技術そのものの発展とその経済性の追求がそうした産業形態の成立を必然的に要求したと考えられる。

わが国の製鉄業における、この変化の象徴が官営八幡製鉄所 (正式には、農商務省製鉄所、The Imperial Government Steel-Works) の 1901 (明治 34) 年の創業である。技術的には「鉄鋼一貫技術」体系の確立である。大量生産システムとしての間接製鉄法は、高炉による製鉄工程→平炉・転炉による製鋼工程→圧延工程から構成される。その現場は海港に近い平地に設けられ、作られた諸々の鋼材はそれぞれの販売市場に運び出される。金属工業の誕生であり、冶金技術と機械技術の統一的な技術体系としての鉄鋼技術の産業が生まれたと言える。当製鉄所の創業は、日本の産業構造の重工業化の起点を画することである。

1. 官営八幡製鉄所の成立経過

1891 (明治 24) 年ころから時の総理大臣松方正義ら官軍民識者の間から、国家的規模の製鉄所設立のための運動が展開された。野呂景義は松方首相兼蔵相の委嘱を受けて、製鉄所設立計画案を作成したが、小花冬吉も「製鉄所建設論」をまとめ、これらの案を含め種々の議論がなされた。そして、1895 (明治 28) 年開会の第九回帝国議会において農商務省所管「製鉄所設立費」409 万余円の協賛を得て、東洋初の鉄鋼一貫製鉄所が建設されることになった。1896 (明治 29) 年 3 月製鉄所に関する官制が公布され、翌年 2 月製鉄所の設立地の選定は、原料の鉄石・石炭や製品の運輸の要素などが種々検討され、九州の八幡村に決定された。そして、建設工事にかかることになった。

しかし、野呂が同年たまたま起きた「鉄管事件」の巻沿いをくいと、自ら一切の公職を辞したため、この製鉄所の建設・創業に携わることができなくなった。このため、大島道太郎 (大島高任の長男) が技監となり、技術者の陣容を整え、諸準備を進めた。彼らは、欧米へ鉄鋼事情視察に同年 10 月出発して、検討を加え、製鉄所の設計をドイツのグーテホフヌクスヒュッテ社に委嘱することとした。高炉は F.W. リュールマン、製鋼・圧延設備は R.M. デーレンに設計を依頼した。大島は、1897 (明治 30) 年 1 月から約半年間ドイツで製鉄所創業の計画を練った。製鉄所の生産目標および設備計画を当初の野呂案より拡大する更新を製鉄所長官に申し出て、同年 10 月帰国後、議会に改訂計画・予算が諮られ、承認された。

大島は、先進諸国の現状を見て、さらに日本の鉄鋼需要の予測を踏まえ、官営製鉄所の「最モ好き、且ツ最モ新ラシキ計画」を考えた。

すなわち、生産目標では、銑鉄が80,000から120,000に、鋼材が60,000から90,000に変更された(単位t/年)。設備計画では、例えば製銑の熔銑炉は60t×3から165t×2に、製鋼のベッセマー炉が7t×2から10t×2に、シーメンスマルチン炉が15t×4から25t×4に、圧延機は9組から22組9基に拡張された。

両計画の考え方には大きな相違があった。製鉄所の建設・操業に伴う「各種ノ材料及ビ練熟ナル職工等、俄ニ多数ヲ給スル事能ハズ」という条件一つをとってみても、技術を受容する側の技術的経済的諸条件はわずか3～4年間で大きく進展するものではない。「外国ノ製鉄所ト同一ノ手段ヲ実行」するために、「大規模ヲ計画シテ巨額ノ資本ヲ放下シ、充分ナル諸機械ヲ購入スル」ことから起業に着手することは、まだ技術水準の低い当時の日本にとって、かつ九州の立地条件からも、大胆というより無謀に近いものであった。

2. 高炉操業の実態

建設工事開始後4年目の1901(明治34)年2月5日に第一熔銑炉の火入れ、ついで5月に平炉製鋼作業と圧延作業、さらに11月に転炉作業の開始をみた。しかし、官営企業の制約等からコークス炉の竣工ができないなど技術上の失敗と困難の続出で、熔銑炉と転炉とは翌1902年の夏から2年近く中止のやむなきに至った。(同年6月農商務省内に製鉄事業調査会が設置された。)熔銑炉(東田第一熔銑炉)は、1904年2月22日に至り、再操業準備のための炉内乾燥に着手し、諸般の準備を整えて4月6日再び吹入れされた。この第二次高炉作業も吹入れ後わずか17日間で吹止めとなった。

中村雄次郎長官は困り果て、野にあった野呂景義に対し、高炉作業不成績の原因調査とその技術対策を作るよう懇請した。野呂は急遽北海道から八幡に赴き、官営製鉄所の囑託顧問となり、直ちに高炉とその操業経過を調査した。工科大学時の教え子服部漸らを指導し、『熔銑炉調査概報』を起草して、製銑作業改善のための指針を与えた(同年5月)。

高炉作業失敗の原因は、大きく以下の3点に帰せられた。

- (1) 高炉の構造が適切でなかったこと。
- (2) 原料コークスに対する知識(技術学的認識)を欠き、その製造法ないし質が適切でなかったこと。
- (3) 原料装入や送風の方法・仕方など、総じて高炉操業の技術が拙劣であったこと。

これらの3点は、相互に関連し合っているが、野呂は高炉作業失敗の主原因は「熔銑炉ノ構造ニ欠点アルコト」を『熔銑炉調査概報』で指摘した。風圧に比してあまりに大きい炉床と、炉内に突出する部分が過大にすぎた羽口とが問題と指摘された。このような場合、「特に本邦産の軟質骸炭を使用する場合には、炉床の冷却を促し、其結果炉床に於て銑滓の固結するの恐れあるのみならず、炉頂の熱を高め」ることになる。さらに、「装入物ノ懸滞ヲ容易ナラシメ、炉内冷却ヲ急速ナラシメ、操業上至大ノ故障ヲ引起サシムルモノ」となる。

こうした分析をした上で、高炉の形状設計を見直し、次頁の図12-1から図12-2のように変更した⁸⁾。