



# アラカルト

## 釜石における我が国最古の 室炉コークス炉遺構の発掘

The Remains of the Oldest Chamber Coke Oven in Japan  
have been Excavated at Kamaishi

日鉄総研(株)  
環境・エネルギー部  
客員研究員 **中村正和**  
Masakazu Nakamura

日鉄総研(株)  
シニアフェロー **斎藤公児**  
Kohji Saito

日鉄総研(株)  
環境・エネルギー部  
客員研究員 **今田邦弘**  
Kunihiro Imada

品川リフラクトリーズ(株)  
代表取締役常務執行役員  
耐火物事業本部長 **小形昌徳**  
Masanori Ogata

日鉄総研(株)  
環境・エネルギー部  
客員研究員 **米澤 舞**  
Mai Yonezawa

## 1 広幅コペー炉の謎

### 1.1 はじめに

国立科学博物館は我が国の産業技術開発の歴史を記録として保存し後世に伝えることを目的として、技術発達と社会・文化・経済等の関わりを明らかにする「技術の系統化研究」調査を平成13年(2001)からスタートさせた。平成27年度(2015)はコークス技術をテーマとすることが決まり、高炉炉況とコークス性状の関係を研究していた中村が担当することになり、調査の結果釜石のコペー式コークス炉が我が国における室炉式コークス炉のルーツであることが明らかとなった<sup>1)</sup>。

釜石鉱山田中製鉄所技師長香村小録はその自伝日記に「此歳、野呂博士の設計にてコッペー式骸炭釜を造り、明治十六年(1883)旧工部省官業廃止以来空しく雨露に晒されて、休止せる二十五噸高炉二基の内、先づ一基を操業することとして準備を進め、二十七年之が火入をなし最初の「籠り付」は木炭を用ゐ、送風後骸炭に変へ良好なる成績を挙ぐるを得たり。本邦に於て骸炭鉄の産出は之を以て嚆矢とす」と記している<sup>2)</sup>。

我が国のコークス炉は明治4年(1871)の大阪造幣局ビーハイブ炉からスタートした。この炉は炭化室に空気を導入し石炭から発生したガス(所謂コークス炉ガス)を燃焼させ、高温の天井からの輻射熱で石炭を炭化しようとする一種の反射炉であり、コークス化の時間が長くなると共に製品の歩留

まりが悪いという原理的な問題があった。これに対し19世紀の中頃から欧州では炭化室と燃焼室を分離し隔壁を通して熱を伝えて石炭を乾留するアイデアが誕生する。この一つにコペー炉があり、オットーと組んでその後コッパースやカール・スティールなどに分かれて我が国でも導入する、所謂室炉式コークス炉の原型となった。ここでは加熱により発生した可燃性のガスは炭化室の頂部において隣の燃焼室に入り、ここで導入された空気により燃焼し生じた高温ガスが下降流となって燃焼室(垂直焔道)を下り隔壁れんがを介して炭化室の石炭を加熱する。こうすることにより石炭の体積当たりの加熱面積を大きくすることが出来るとともに上下方向の温度分布を調節することが可能となり、生産性向上と製品コークス品位の均質化が実現することになる。

明治27年(1894)8月に釜石に完成した炉は図面(図1)をみると炭化室と燃焼室が分かれており確かに隔壁を通して石炭を加熱する所謂室炉式コークス炉であるが、その外観は写真(図2)を見る限りビーハイブ炉にしか見えず当時の海外専門誌が伝える本来の特徴とはかけ離れたものであり、香村がコッペー式と敢えて“式”を加えた意味も不明である。

平成27年の時点ではその疑問は解けないまま科学博物館に報告書<sup>1)</sup>を提出したが、本報告はそれに対する解答の意味合いを有する。

東北大学名誉教授の日野光元は日本鉄鋼協会第176回秋季講演大会シンポジウム「日本の製鉄をリードしてきた東北の鉄の歴史にせまる」で基調講演を行い、大島高任による近代

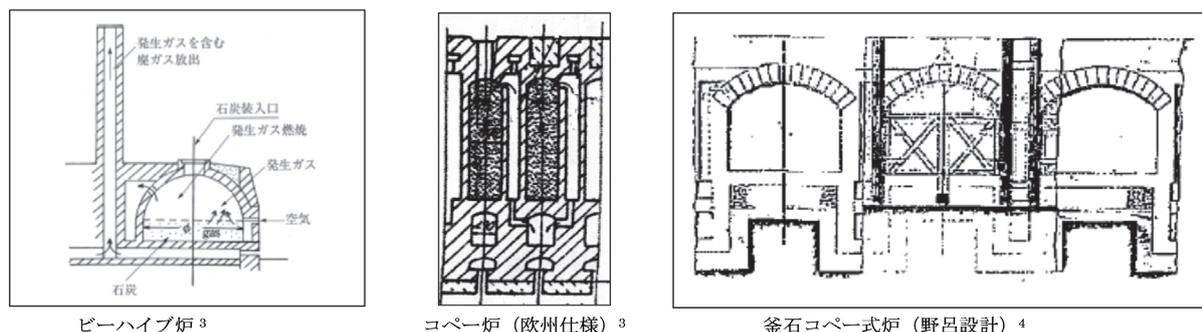


図1 コークス炉炉幅のいろいろ

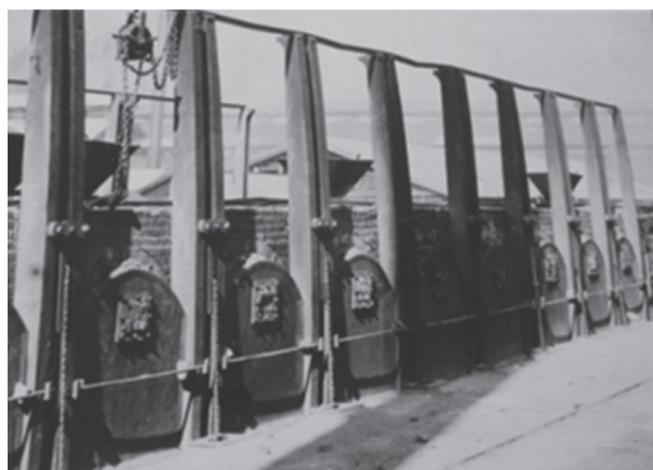


図2 野呂設計のコペー式炉

製鉄の幕開けから田中製鉄所を経て本格的に一貫製鉄所である八幡製鉄所に至る製鉄の歴史を述べ、これに加筆修正をして日本鉄鋼協会会報である「ふえらむ」に「近代製鉄における日本の夜明けは釜石から」として投稿した<sup>5)</sup>。本稿はそのうちのコークス炉に特化した技術移転の経過を述べようとするものである。

## 1.2 我が国コークス炉の歴史

我が国へのコークス技術到来とその後の発展の歴史の第1期は黒船の来航に端を発した国防上の要請から、鉄製の大砲を製作するための反射炉の建設が国内各地で行われた時期である。ヒューゲニン著の『ライク王立鉄大砲鑄造所における鑄造法』を翻訳するところから始まった、いわば洋学者たちによる文献ベースでの手探りの開発である。しかし、現存する反射炉装置図面などでは「タール除去炉」の名称で登場しており、コークスを製造するという意識は必ずしも明確ではない。

そして第2期は明治維新の開国による人の交流に伴う技術移転、これも前半は海外から招聘した教師や技術者による指導から始まった。しかし、少なくとも高炉、コークスに関係

する切り口では全くの失敗に終わることになる。しかし官営釜石製鉄所および官営八幡製鉄所は、設備的には当時としての最良の設備を導入しており、招聘した外国人技術者が悪意によりそのような結果に導いたということでないことは勿論である。外国人技術者は日本の原料事情に不案内であったことが原因であるが、これを解決したのは野呂景義と我が国の技術者であった。

明治維新の後、明治4年(1871)11月、大島高任や政府の要人が西洋事情を視察するため渡欧したとき、アメリカ、イギリス、ドイツの製鉄業はすでに鋼の時代であり、高炉もほとんどコークス銑であった。大島高任の高炉建設に始まった釜石は明治政府の殖産興業政策の重要な役割を与えられた。釜石鉱山は工部省が発足した当初から軍器生産の素材供給地として位置づけられ、御雇い外国人ゴットフレの調査復命によって明治6年(1873)に「官掘場」として指定され、明治13年(1880)25t高炉が英国から導入され稼働した<sup>6)</sup>。しかし、木炭の供給不足、火災など不測の事態に加え、鉱山と製鉄所の運搬手段の不備、鉄製品市場の不在さらに技術の未熟などにより十分な成果を挙げることはできなかった。例えば明治14年に木炭供給の不足を補うためピーハイブ炉が建設されたが、高炉への装入で冷え込みを起すなど工部省の下での釜石の事業は連年損失を重ね、明治16年(1883)4月に官営が廃止され、木炭から石炭への転換のチャンスが失われた。野呂景義はこれを目撃したのち「鉄工冶金」を習得する志をもって明治18年(1885)欧州へ自費留学することになる<sup>7)</sup>。

明治17年(1884)に田中長兵衛は製鉄所の一部設備の払下げを受け、大島高炉規模の高炉を建設し製鉄事業への挑戦が始まる。そして、日本人自らの手で試行錯誤を繰り返しながら明治19年(1886)10月16日に49回目の挑戦で、製鉄所として初めての出銑に成功し、これにより自信を得た田中は明治20年(1887)には全ての製鉄所設備の払下げを受け、明治20年(1887)7月釜石鉱山田中製鉄所を設立した。明治21年(1888)には鈴子本工場と大橋分工場に4t/日程度の高炉を数基保有し陸海軍の諸工場に銑鉄を供給していたが、製品は硬

く加工不能、価格は輸入品の2倍という状況であった。しかし明治23年(1888)大阪砲兵工廠でマンガンを加えた精錬法が開発され、イタリアの製品に品質とコストが劣らないことが証明されると軍事という安定した市場が確保されることになった。

野呂は明治22年(1889)に帰国し帝国大学工科大学(以後工科大学と略記)の教授となるが、明治24年(1891)時の首相松方正義の要請で我が国に製鉄業が成立しなかった原因を整理し製鉄所建設論を「鉄業調」として起草した。さらに明治25年(1892)6月には大阪砲兵工廠提理の牧野毅らと「製鉄事業調査委員会」を組織して国産資源による製鉄業のための科学的な調査を進める一方、明治25年(1892)3月に官営時代の旧25t釜石高炉の復活を提案する<sup>8)</sup>。田中は5月に返書でこれを承諾するとともに野呂景義を顧問とし、さらに野呂の教え子の香村小録を農商務省鉱山局から迎え、官営の廃業以来放置されていた大型高炉に技術的改良を加え、新しいコークス炉を整備して、冒頭に述べた明治27年(1894)に日本で初めてコークスを使った製鉄に成功し、その後の官営八幡製鉄所につながる鉄鋼大量生産方式の水先案内となった。

これと並行して野呂は学生の武田恭作(旧姓中村)を卒業前年の明治25年(1892)8月に釜石に送り、現地調査を行わせた。武田の実習報告書<sup>10)</sup>は“Design for Reopening the Coke Blast Furnace Plant at Kamaishi”として高炉やコークス炉周辺機器を含めた再開設備の仕様を英文で記述し翌年の明治26年(1893)5月に提出されている<sup>11)</sup>。田中の返書が明治25年(1892)5月でありここから野呂による釜石の設計が始まったとすると両者は完全に同期している。報告書の内容は高炉のプロファイル及び高炉周辺の送風機の仕様などが野呂の留学中の師であるLedeburのハンドブックに基づいており、野呂設計が武田の実習報告書に反映されていることが分かる。

釜石100年史によればコークス炉の建設開始は明治26年



図3 釜石鉱山田中製鉄所25t高炉及びコペー式コークス炉

(1893)としている<sup>12)</sup>ので武田の論文提出とあまり間を置かずに釜石での建設が始まったことになる。なお、先述の「製鉄事業調査委員会」で意見を共にする大阪砲兵工廠提理の牧野大佐と度々釜石を訪問していたことが野呂本人の記述にあるので<sup>13)</sup>、明治25年(1892)3月の日本鉱業会誌の釜石旧高炉復活提言に先行して釜石のあるべき姿がほぼ内定していて、田中の返書を受けてすぐ学生に基本設計を命じたのではないとも考えられる。

武田報告書の内容の殆どは高炉を始めとして上述のLedeburハンドブックに依存しているが、コークス炉の章のみは固有の記述となっている。すなわち、深川骸炭所における夕張の空知炭の分析結果を引用し、このような揮発分の高い石炭については炉の容積に対して加熱面積を小さくし、炭化速度を下げるの必要があり、炉高を低くし炉幅を広げることが望ましいとしている。

我が国のコークス炉の歴史は先述のように大阪造幣局にピーハイブ炉導入から始まるが、東京の深川で反射炉による銅製錬を行っていた古河鉱業は、燃料を木炭から石炭コークスへの転換を意図し溶銅所長の福岡健良を造幣局に派遣し、明治21年(1888)にピーハイブ炉を建設して深川骸炭所とした。野呂は明治22年(1889)に帰国すると深川骸炭所の所長となっていた福岡を指導しコークスの研究を開始し、明治23年(1890)に高揮発分を含有する夕張炭に太田炭を混合する現在でも海外石炭を対象に行われている配合炭法を開発する<sup>14)</sup>。

同時に、欧州で既に普及を始めていたコペー炉への改造を古河鉱業の古河市兵衛に進言し、明治24年(1891)からピーハイブの改造を始める。しかしこの時点の炉は欧州仕様で炉幅は狭かったことが東京瓦斯の歴史に記載されている<sup>15)</sup>。

一方、農商務省鉱山局地質調査所の高山甚太郎は先述の「製鉄事業調査委員会」の一員として全国のコークスメーカーからサンプルを取り寄せ当時としては網羅的な項目について試験し報告書を発行し、この中で深川コペー炉産出コークスを高く評価した<sup>16)</sup>。この時使用した石炭は野呂が帰国して行った夕張と太田の配合炭であった。また報告書に年産9,000トンとあるのでこの時点で15基程度の炉が深川で稼働していたと推測される。

### 1.3 深川から釜石への技術移転

野呂が留学する10年前である1874年発行の雑誌“The Engineer”にCoppee炉の紹介記事があり、すでに欧州に約2500基のコペー炉が建設されていることが報告されているが、この報文でこの炉の特徴として以下の項目が示されている。

- 1) 薄い炭層に対し急速な加熱
- 2) 空気の2回に分けた導入で発生したガスの完全燃焼
- 3) 高温燃焼ガスを炉底の暗渠に集めボイラーで熱回収

- 4) 空気の通路がレンガの冷却と保全に役立つ  
 5) 炭化が終了したらそのまま押出してヤードで散水冷却  
 →炭化室が常に高温状態

このように炭化室と燃焼室の分離は、生産性の向上と製品コークスの均質化に有利であることは明らかである。しかし欧州で普及が始まっていたコペー炉への改造に際し、ビーハイブ炉では可能であった高揮発分の夕張炭がコペー炉では不都合が起こることが分かり、これが武田実習報告書における高揮発分石炭に対して、コペー炉の特徴を否定する広幅低炉の釜石炉設計の背景になったと思われる。

我が国の石炭は第三紀層の若年炭で灰分、硫黄分並びに揮発分が多く粘結性も小さいものが多く、一般にガス製造のためには好適であるが、コークスのためには脆弱で割れ目が多く適切ではないことが当時も既に指摘されていた<sup>17)</sup>。

現行のコークス炉に熱効率向上のため必ず附いている蓄熱室であるが、これを導入したコッパース創立者ハインリッヒ・コッパースは昭和13年(1938)3月29日の東京会館における講演でコッパース炉開発の状況を次のように述べている。「従来の蒸気回収の廃熱式コークス炉は揮発分の少い欧州石炭を使用する場合は熱量が不足し、ガスからベンゾールを回収すると発生したガスを全部使っても炉の温度が充分上らない。私はこのような揮発分の少い石炭でも之を使って充分コークスが作れる様にHoffmann式の蓄熱式コークス炉を開発し熱回収向上により解決した」と述べている<sup>18)</sup>。つまり、欧州の石炭は揮発分が少なくこれに対応するコークス炉をそのまま我が国へ導入することは原理的に無理があるということである。

釜石の成功を報じる高山報告書によりコペー炉建設のラッシュが起こり三井三池でも明治33年(1900)にコペー炉が建設された。この三井三池の仕様は12窯のうち10窯は炉幅

500mm、残りの2窯はそれぞれ550mm、600mmでありコペー社の仕様となっている。「三井鉱山50年史稿」は当時の操業につき「この炉は特長の多いものであったが、ビーハイブの如き良好の骸炭は得られなかった。而も過熱されること多く操業僅かで炉内壁が隆起したり溶融したり種々の故障が頻発し、結局ビーハイブに戻った」としている<sup>19)</sup>。深川では製品コークスの品位は評価されるものであったとしても操業には問題があったと思われる。野呂は最初の石炭配合実験をビーハイブ炉で行っており、揮発分の多い国内炭を欧州仕様の炉で乾留するに際し急速なガス発生を経験し、これを回避するため本格的な実炉である釜石の設計ではコペー炉の特徴を犠牲にして炉幅を広げたと思われる。なお、深川骸炭製造所が広幅の6連45釜で炉団として完成するのは明治29年(1896)であり、釜石コペー式炉団(36窯)完成の2年後であり深川が釜石の水先案内となっていたことがわかる。

## 2 出土したレンガの歴史的考察

### 2.1 野呂設計のコペー式コークス炉遺構の発掘

製鉄所に保管されていた古地図でかつて存在した炉の位置を推定し、応用地質(株)によりレーダーによる地下の構造物を探査した。必ずしも明確なエコーではなかったが平成30年(2018)に発掘を試みたところ図4に示すレンガ積みが発見され、釜石製鉄所の百年史記載のコークス炉の煙道<sup>4)</sup>にセンチメートルのオーダーで一致した。

図5に示すように、網目模様の広口面にSHINAGAWAの文字が刻まれていることから品川白煉瓦の製品である。今回のコペー炉跡発掘では煙道部まで掘り進める途中で、SSマーク付きの品川白煉瓦製品をはじめ様々な刻印れんがが単品状態で出土しており、これらは後の補修で使用されたと推定される。

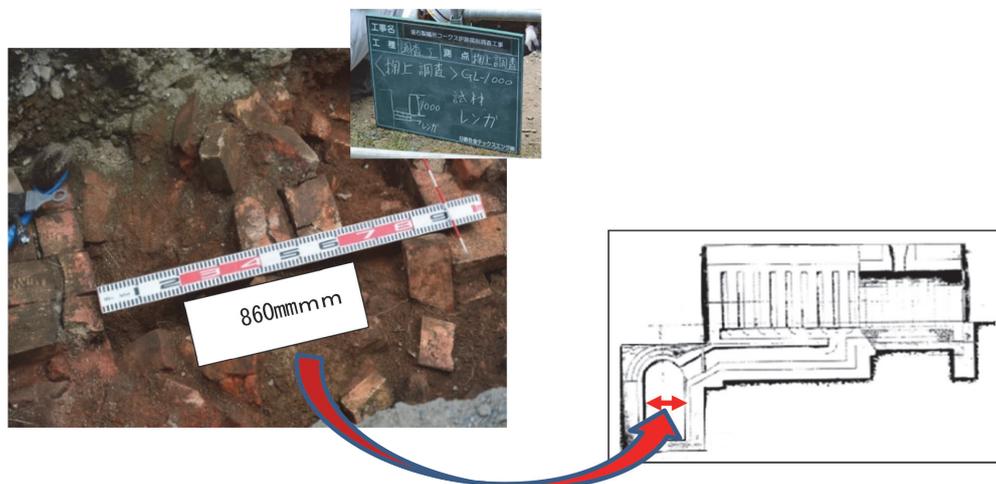


図4 発掘で出土したコークス炉煙道 (Online version in color.)



図5 出土した煙道とれんが (Online version in color.)

明治期の品川白煉瓦の製品は様々な近代遺跡で発見されているが、ほとんどはSHINAGAWAの文字の上に商標のSSマークが刻まれており、これらは商標が登録された明治32年以降の製品と考えられている。蓄熱室を持たない当時のコークス炉は上下の構造に制約がなく例えば深川でも垂直炭化室のコペー式からガス回収を目的として水平炭化室を持つソルベー炉に簡単に改造している。これに対し、煙道部を構成する耐火れんがは全てSSマークの無い品川白煉瓦製品であり、地下構造であったため明治26～27年に建設された当時の状態をそのまま遺していると考えられる。

武田の実習報告書に、釜石コークス炉で、①コークス炉の隔壁れんがに採用した特殊な耐火れんがは、構造の簡素化、築炉の省力化、築炉時のれんがの損傷軽減に有効であること、②アーチ部にも特殊な国産の耐火れんがが適用されており、それは高温下でも収縮が少なく、ガス漏れやアーチの崩壊が生じにくいこと、が記述されている。このように武田は未だ建設の始まっていないコークス炉のあるべきれんがについてかなり詳細な記述を行っている。

一方、品川の社史には、明治25年(1895)に古河鋳業深川製造所からコークス炉ではない耐火れんがが使用実績証明(シリスれんが)を受理した記事があり<sup>20)</sup>、さらに品川の礎は「深川骸炭炉のビーハイブ炉の新設からコペー式炉への転換、増設に要した耐火れんがの供給は品川白煉瓦製造所が最も近いメーカーとしての役割を果たしたのである」としている<sup>21)</sup>。また、後日であるが明治40年(1907)の成績証明書一覧表に古河鋳業深川骸炭所から骸炭窯用各種耐火れんがについて成績証明書を得ていて、そこに「当所多年ノ実験ニ微スルニ品質佳良且ツ能ク強力ノ熱度ニ堪ヘ得ル…<sup>22)</sup>」と記述されていることから深川骸炭炉における品川の関与は、反射炉時代からのユーザー福岡とメーカー品川の密接な関係からも明らか

であるが、何故か品川の正史には釜石については全く記載がない。

## 2.2 出土したれんがの特徴

明治27年(1894)に稼働し大正10年(1921)に休止するまで30年近く操業実績のある炉であり、メーカーの社史にもないれんがが出土したと言うことで、特性を第三者の立場で調べることとし岡山セラミックス技術推進財団に分析を依頼したが、考察はメーカーの品川リフラクトリーズの小形が行った。煙道と言うことで最高温度の場所ではないが当時のコークス炉には蓄熱室がなく排気は燃焼室から直接煙道に入っていることから稼働中はかなりの高温であったと思われる。

今回の発掘品を含め、他の産業遺跡から発掘された明治期の品川製の特長を表1にまとめた。試験結果の詳細は別途専門誌に投稿する予定のため、ここでは要点のみを紹介する。

タイプⅠとⅡは粘土質れんがであるが、前者は粘土を焼き縮めたシャモット原料と蠟石(石筆屑と推定)を骨材に用いた高級品であるのに対し、後者は石英粒を多量に含む蛙目粘土を用いた低級の汎用品である。タイプⅠ、Ⅱともマトリックスは粘土で構成され、粘土の収縮切れによる微亀裂が多い。

これに対し、タイプⅢには三つ桜と釜石煙道れんがが所属するが、このマトリックスには微細な石英粒を多量に含んだ蠟石質粘土が使用されており、収縮亀裂は少ない。タイプⅢは骨材も蠟石の粉碎物と考えられ、高珪酸質蠟石れんがと判断される。

現在、コークス炉において珪石れんがが使用されるのは、原料石炭装入時から製品押し出しを繰り返す温度変化に対して耐火物の熱膨張率が変化しない点にある。しかし明治期の珪石れんがにおいては、れんが製造時の焼成温度が不十分な

表1 明治期の品川白煉瓦製品

タイプ	I. シェット系粘土質	II. 蛙目粘土系粘土質		III. 高珪酸ろう石質	
発掘場所	横浜瓦斯局跡	釜石コペー炉跡 /単品出土	釜石橋野高炉跡 近くの河底	釜石コペー炉跡 /煙道部	東京瓦斯 深川製造所跡
刻印	ISEKATSU	SSマーク SHINAGAWA	SSマーク SHINAGAWA	SHINAGAWA	SSマーク SHINAGAWA 三ツ桜印
製造時期(推定)	明治17-20年	明治32年以降	明治32年以降	明治25-26年	明治32年以降
化学組成(mass%)					無水換算*1
LOI	0.11	1.21	0.08	0.52	80.14
SiO <sub>2</sub>	73.92	72.99	70.21	79.16	16.51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.83	21.36	25.28	17.02	1.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.86	1.50	2.13	0.99	0.42
TiO <sub>2</sub>	0.44	0.84	n.d.	0.64	0.32
CaO	0.07	0.38	0.97	0.26	0.18
MgO	0.18	0.15	0.34	0.25	0.34
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.19	0.77	0.07	0.56
K <sub>2</sub> O	0.49	0.97	0.20	1.01	
耐火度(SK)	30	28	29	20	28
見掛気孔率(%)	26.7	32.4	25.7	31.4	27.7
嵩比重	1.89	1.80	1.92	1.79	1.89
見掛比重	2.58	2.65	2.59	2.60	2.61
圧縮強度(MPa)		13		19	17
鉱物組成*2 主	Qtz, Cri	Qtz	Mul	Qtz	Qtz
	副	Mul	Mul, Cri	Mul, Cri	Mul, Cri
収縮開始温度	約1150°C	約1050°C	-	約1000°C	不明
文献	礎(1993)	岡山セラミックス振 興財団(2020)	礎(1993)	岡山セラミックス振 興財団(2020)	社内資料

\*1: 東京瓦斯深川製造所跡発掘品は多量のタールが沈積していたため、酸化雰囲気での再加熱によるタール除去後の物性を無水換算とした。

\*2: Qtz: Quartz, Cri: Cristobalite, Mul: Mullite

ため未転移の石英が多量に含有され、石英が使用時に相転移することで生じる残存膨張が課題であり、熱膨張率を測定する手段がなかった明治期においては再加熱前後の室温での寸法変化によって容積安定性が論じられていた。実際、当時は耐火れんが製造時の焼成温度が低く、粘土質れんがは使用時に収縮することが大きな課題であった。加熱により発生した可燃性ガスを同一室内で空気により燃焼させ、これにより石炭の炭化を行うビーハイブに対して炭化室と燃焼室を分離するコペー炉への改造に際しガス漏れという現象は新しく発生した概念であり、先述の武田実習報告書において、釜石のコペー炉建設では高温での収縮が少ない国産れんがを選定したとあるのはそのような背景がある。

### 3 当時の技術水準

#### 3.1 コークス炉用耐火れんがの変遷

今回、釜石で発掘された製品は半珪石れんがに相当する高珪酸質であるが、当時の資料には半珪石れんがという表現は見当たらない。半珪石れんがという表現が文献に登場するのは明治39年(1906)、東京高工創立25周年記念式に出品された国産半珪石れんが(半ダイナス煉瓦)の解説からであ

る<sup>23)</sup>。国産化の手本となった欧州製品が最初に輸入されたのは、明治31年(1898)稼働の大阪舎密ソルベー式副産物回収コークス炉の建設時であるが、この時に輸入されたのは国内では製造困難であった大型空洞れんがのみである。明治27年(1894)稼働の釜石コペー炉に触発されて明治33年(1900)に三井三池で、明治35年(1902)に北海道炭鉄道追分コペー炉が稼働するが、前者では備前陶器と品川白煉瓦の耐火れんがが使用されたことが同社の社史に記されており<sup>19)</sup>、後者も国産れんがで建設されたと考えられている<sup>24)</sup>。また国産半珪石れんがは、「高温で収縮する粘土質と高温で膨張する珪石を巧みに配合し容積安定性を確保する」という材料設計でスタートしたが、このように相反する性質を持つ原料を組み合わせることは製造上の無理があった<sup>25)</sup>。先述のように三井三池では稼働直後に耐火れんがの不具合が生じたため、明治35年(1902)の八幡製鉄所開業当初のトラブル対策で招集された製鉄事業調査会における八幡のコークス炉の煉瓦の選択において三池の失敗の原因は「三ツ石ノ煉瓦」すなわち三石産の蠟石れんがを使用したためとされた<sup>25)</sup>。その結果、明治37年(1904)稼働の八幡製鉄所コペー炉からはベルギー製やドイツ製の欧州製品が使用された。

すなわち、明治30年代後半から「コペー式等の室式コーク



あったことは確かである。

しかし、従来のピーハイブ炉と違って複雑な構造をもつコペー炉を建設するうえでは、耐火物の選定に加えて設計や築炉の指導が欠かせない。通常であれば、当初36窯（最終的に56窯）の釜石コークス炉建設の手順は原料石炭の選定と生産量の決定による基本仕様書に始まり、れんがに関することだけでもメーカーへの発注する前に炉体設備の平面図・立面図、れんが積みの計画、即ちれんがの形状と性質と個数を決める必要がある。野呂がこうした実務を直接行ったとは考え難い。

再三引用する明治25年（1892）の製鉄事業調査委員会には野呂と牧野も委員として参加していたが、調査の実行は農商務省鉱山局地質調査所が分担した（鉱石：大塚・西山、耐火物：高山・香村、骸炭：高山、貧鉄利用（別子銅山）：今泉）。先に高山が調査委員会のために全国からコークスサンプルを集めたことを述べたが、地質調査所出身の高山・香村がシーメンス炉導入を進めた大阪砲兵工廠出身の牧野から、製鉄事業調査委員会の場を通じて品川の中島の存在を知りその後の釜石誘致につながった可能性は否定できない。

明治26年（1893）から釜石に赴任した香村小録は、前年に野呂が教鞭をとった工科大学を卒業したあと、農商務省において高山甚太郎の下で耐火れんがの評価試験を担当していた。したがって耐火れんがに対する理解はあったが、窯炉設計の経験はない。

高山は先述のように明治21（1888）に稲垣平衡の高珪酸質蛭石れんがを繰り返し試験し、輸入品と比べても遜色ない品質と評価した<sup>26)</sup>。当時、稲垣の高珪酸質蛭石煉瓦は大変な評判であり、2年後の古河深川コペー炉改造時に品川白煉瓦製の同材質を試験し、使用可能と判断した可能性は高いと思われる。しかし高山も窯炉設計の経験はない。

釜石コペー炉の建設に先立って、古河鉱業の深川骸炭所において野呂の指導のもと責任者としてピーハイブ炉をコペー炉に改造したのは福岡健良である。深川でのコペー炉改造時に使用された耐火れんがに関する記録は残っていないが、福岡が深川へ来る前の草刈銅山時代に反射炉導入を計画し小坂鉱山時代の知己であったネッター（その後東京大学理学部）の助言を求めたりれんがの自作を試みたりしている<sup>27)</sup>。福岡が深川溶銅所の反射炉耐火物の国産化を品川白煉瓦に度々要望していたことは西村勝三の伝記に記されている<sup>28)</sup>。また、ピーハイブコークス炉建設のために大阪造幣局を訪れているが、この時点で野呂は留学中であり品川の技術者と福岡がれんがの調達のみならず築炉のノウハウを共有しているもおかしくない。

明治25年（1892）9月に発行された大日本窯業協会誌の創刊号に掲載された品川白煉瓦の広告には「弊所ハ熟練ノ技師

兩名アリ頗ル実験ニ富居候間火炉類ノ設計并ニ築造共御請負可仕候」とある。この兩名とは中島宣と海福悠のことと考えられ、耐火炉の設計と築造を請け負うとの広告から、明治24年（1891）に深川でのコペー炉改造に関わったのは中島と海福である可能性がある。中島と海福は、品川白煉瓦と同じ敷地内にあり、同じ西村勝三が経営する品川硝子の技師であり、品川白煉瓦では顧問技師の立場であった。

中島宣はもと工部省品川硝子製造所の養成工であったが、明治19年（1886）に西村が海外視察から持ち帰った見取図をもとにシーメンス式硝子窯を築造した。この窯は失敗に終わったが、西村は翌年に中島を欧州に派遣し、実地で窯の設計・築炉を学ばせた。中島は翌年に帰国し、品川硝子で技師を務めながら、明治23（1890）年より数回大阪に赴き、牧野毅が大阪砲兵工廠に導入を決めたシーメンス式平炉の築炉を指導した（明治25年に竣工）。なお、工廠提理は明治23年（1890）9月牧野から太田徳三郎に異動しているが、明治25年（1892）末後任の太田は中島に感謝状を贈っている。

香村は自伝日記に野呂が設計したコペー炉が完成し、休止していた高炉を再稼働させて我が国初のコークス銑の出銑に成功する過程を述べているが、その中で現地で実務を助けた一人として品川硝子から招いた中島宣の名前を強調している。

中島が釜石で具体的にどのような業務を担当したかは明らかではないが、その経歴からみて耐火物ライニングの設計、築炉とその後の昇温・立ち上げを担当する窯炉技術者として招かれたと考えられる。釜石構内の耐火れんが焼成窯設置においても、中島は耐火れんがの専門家を招いて焼成窯を築造したとあり、これが海福である可能性がある。品川硝子ではシーメンス炉習得のためドイツに派遣された中島宣が帰朝して建設したりゼネラティブるつぼ炉を海福悠が槽窯に改造するなど、これまでも二人がそれぞれの特技を出し合っており、古河深川でのコペー炉改造に際しても二人が協力して担当した可能性が高い。

関係者を図7にまとめた。我が国に高炉を導入した大島高任は別格として、製鉄の田中、非鉄の古河、ガス事業の渋沢、耐火れんがの西村らそれぞれの創業者が第一世代として名を連ねている。そしてその人たちを説得し新しい技術を導入した第二世代、さらにこれを実行に移した第三世代に続く。

釜石コペー炉跡から発掘された高珪酸質れんがは、当時の欧州情報と国内の原料事情・製造技術から欧州のコークス炉れんがに最大限に近づけた製品であったように思われる。しかし、耐熱性の点では欧州品に対して一歩劣っていた。それにもかかわらず、釜石のコペー炉は、途中で補修を行いつつも、大正10年（1921）までの約30年間使用された。黒田式コークス炉の黒田泰造は室式コークス炉における国産半珪石れんがの耐用不良について度々言及している。また輸入半珪

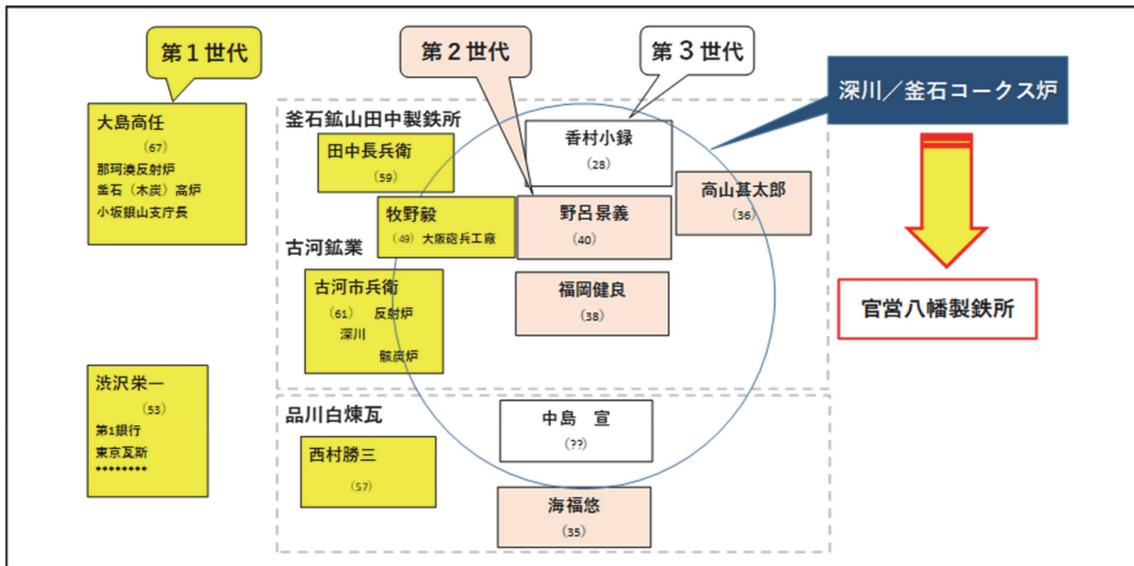


図7 釜石コークス高炉開発人脈図(釜石コークス高炉火入れ時の年齢)(Online version in color.)

石れんがを使用した八幡製鉄所においても、高熱部位や長期使用部位ではれんがの膨張や変形で改修を行っている。

こうした経緯からみると、文献情報だけを頼りに釜石でコペー炉が日本人技術者だけで無事に稼働したことは奇跡的にも思える。

新しいプロセスの工業炉を立ち上げるうえでは、窯炉設計者、耐火物供給者、施工業者と操業側が密接に連携することが重要である。農商務省で国産耐火れんがの評価試験を担当した高山と香村や、各種工業炉のライニング設計と立ち上げに関わった中島が耐火物を使用する側にいたことが幸運であった。釜石のコペー炉においてはその連携がよく機能したことが成功の原因であったことを、今回の発掘品が伝えているように思われる。

## 5 結言

本報告は国立科学博物館の調査における疑問から始まった。すなわちコペー炉は炭化室と燃焼室を分離し、発生したガスを炭化室に隣接した燃焼室で燃焼させ、隔壁を介して石炭を加熱炭化しようとするもので、これにより石炭の容積に対して加熱面積を大きくして生産性と均質性を改善しようとするものであるはずであった。しかし当時を伝える社史の写真はまるでピーハイブ炉であり、図面をみれば確かに炭化室と燃焼室が分離した現在のいわゆる室炉式コークス炉である。コークス炉の歴史を記述する海外の書籍を参照しても釜石のコークス炉は見当たらない。ピーハイブでの石炭配合実験を経験していた野呂はガス発生量の大きい国内炭対策としてコペー炉の特徴を犠牲にして釜石の設計を行ったと思われ

る。そのことによって炉温が下がり、必ずしも耐火度、容積安定性の点で十分ではない国内産のれんがを使うことによる高価な海外産れんがの輸入削減を実現した。

釜石100年史記載の“骸炭の質は甚だ脆弱”<sup>2)</sup>もその結果と思われ、現在の高炉操業の感覚にとっては不利な状況であるが国内資源の利用が最優先であった当時としてはやむを得ない選択であったと思われる。技師長の香村がコペー式と日誌に記述した背景は、当時既にオリジナル仕様ではないことが理解されていたことが分かる。

なお、出土した耐火れんがの耐火度や熱膨張の特性とその後官営八幡製鉄所炉材の三好らによる赤白珪石れんがを含めたコークス炉れんが開発の歴史的意義については別途専門誌に投稿の予定である。

## 謝辞

本論文成立の最大の功労者は、東京大学工学部マテリアル工学科図書室所蔵の実習報告書であった。学術振興会研究会の場で釜石の発足当時の一次資料入手が困難なことを訴えたところ、もしかしたらとお返事を頂けたのが東京大学月橋文孝教授(現在名誉教授)であった。同時に野呂景義の没後ご家族が一度産業技術短期大学に寄贈されていた図書を大学へ戻すことに尽力された天辰正義先生をご紹介頂いた。このお二人のおかげで釜石に関係する何人かの実習報告書を閲覧することができ、これがなければ釜石コペー炉建設の謎は解明できなかった。ここに深く感謝の意を表します。なお、実習報告書については日本鉄鋼協会鉄鋼プレゼンス研究調査委員会鉄の技術と歴史研究フォーラムにおいて、公開されるメディアの少なかった明治時代の製鉄所の建設・計画の貴重な

資料として天辰先生により取り上げられている<sup>29)</sup>。

また、操業中の製鉄所で作業を中断しながら遺構の発掘を許可した製鉄所、および発掘の意義を理解し事務的な困難をクリアし支援を頂いた日本製鉄本社関係者に感謝します。

#### 参考文献

- 1) 中村正和：コークス技術の系統化調査 2016年3月 国立科学博物館 共同研究編 第9集, 北九州産業技術保存継承センター (八幡製鉄所の設備・技術の変遷), (2008).
- 2) 鉄と共に百年, 新日本製鉄(株)釜石製鉄所, (1986) (1986), 82.
- 3) 北九州産業技術保存継承センター：八幡製鉄所の設備・技術の変遷 第2分冊 コークス製造設備, (2008).
- 4) 鉄と共に百年, 新日本製鉄(株)釜石製鉄所 写真・資料編, (1986), 37. (東京大学工学部マテリアル工学科図書室所蔵の実習報告書は劣化防止のため複写が許可されておらず, やむなく武田(旧姓中村)恭作(1893年帝国大学工科大学採鉱冶金学科卒業)と江藤捨三(1895年同学科卒業)掲載紙名「釜石コークス高炉再開計画」(“Design for Reopening the Coke Blast Furnace Plant at Kamaishi”)が明記されている「鉄と共に百年」に記載の図面を引用した).
- 5) 日野光兀：ふえらむ, 24 (2019) 9, 596.
- 6) 鉄と共に百年, (1986), 30.
- 7) 飯田賢一：人物・鉄鋼技術史, 日刊工業社, (1989年1月), 78.
- 8) 野呂景義, 日本鑛業會誌, 8 (1892) 86, 157.
- 9) 釜石製鉄所90年史, 新日本製鉄(株)釜石製鉄所, (1976) 202.
- 10) 葉賀七三男：技術と文明, 4 (1988) 2, 45; わが国近代化の過程で, 西欧より機械を導入して鉱工業の近代化を推進展開した際, 中核となった汎用機械に関する設計図, 仕様等の基本資料が, 東京大学をはじめ旧帝大の採鉱冶金関係学科に, 卒業生の実習報告書として架蔵されている.
- 11) 武田恭作(旧姓中村)：帝国大学工科大学実習報告書, (1893). 江藤捨三(1895)：東京大学工学・情報理工学図書館長より“資料利用許可証”取得済, (2022.12.2).
- 12) 鉄と共に百年, (1986) 411, 416.
- 13) 野呂景義：鉄と鋼, 1 (1915) 1, 12.
- 14) 日本鉱業発達史(中巻), (1932), 176.
- 15) 東京瓦斯のコークス変遷史, (1966) 176. 日本鉱業発達史(中巻), 747.
- 16) 高山甚太郎：骸炭分析報告書, (1894). 明治27年3月発行 分析対象コークスの製造年は不詳であるが少なくとも前年の26年(1893)以前と思われる.
- 17) 日本鉱業発達史(鉱山懇話会), (1932) 754.
- 18) H. コッパース：燃料協会誌, 18 (1939) 4, 287.
- 19) 三井鉱山50年史稿(巻12), 三井文庫, (1944).
- 20) (品川)創業100年史, (1972) 68.
- 21) 礎常和：西村勝三と明治の品川白煉瓦, (1993) 120.
- 22) (品川)創業100年史, (1972) 921.
- 23) 大日本窯業協会雑誌, 14 (1906) 168, 856.
- 24) 桃野正：日本鉄鋼協会 第147回大会鉄の技術と歴史, 研究フォーラム講演会北海道の鉄文化, (2017), 35. (北海道耐火煉瓦合資会社が設立されたのは明治34年(1903)であるのでれんがは内地から調達).
- 25) 臨調八幡東田, 第5回議事速記録M35.11.20, (1902).
- 26) 雑記(稲垣製耐火煉瓦), 工学会誌, 8 (1889) 91, 500.
- 27) 実業の日本, 4 (1900) 16, 1131.
- 28) 近世日本窯業史, 耐火煉瓦工業, (1911) 59, 64, 92.
- 29) 稲角忠弘, 天辰正義：鉄の技術と歴史研究フォーラム第40回講演会, 日本鉄鋼協会 鉄鋼プレゼンス研究調査委員会, (2022), 53.

(2023年2月15日受付)