



Title	明治期佐渡鉱山の製錬部門における技術導入
Author(s)	内藤, 隆夫
Citation	経済学研究, 62(3), 95-106
Issue Date	2013-02-21
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/52288
Type	bulletin (article)
File Information	ES_62(3)_095.pdf



[Instructions for use](#)

明治期佐渡鉱山の製錬部門における技術導入

内藤 隆夫

一. 課題の限定

本稿では、明治期の佐渡鉱山が製錬部門において導入した金銀の製錬を主とする4つの新技術を取り上げ、その内容と導入及び展開の過程、意義と限界について考察する。そして貧鉱化という状況への対応、近代的経営において重要なコスト意識、近代的生産体制の一環をなす装置工業という生産のあり方が、いかにして佐渡鉱山の製錬部門に定着したかを解明する。以上を通じて、今後近代佐渡鉱山史を全面的に検討するための足がかりを得ることを課題とする。

一般的には金山として知られ、実際は銀あるいは銅を多量に生産する(表1)¹⁾佐渡鉱山は、江戸時代には日本最大級の金銀山として幕府直轄下で多額の金銀貨を上納し続けた。しかし、享保期以降の産出量の減退が幕末には顕著となり²⁾、その状態で明治新政府に引き継がれた。明治2(1869)年に官営となって民部省所管となった佐渡鉱山は、以後大蔵省・工部省・農商務省そして再度大蔵省と変遷を経て、1889年以降は宮内省御料局の所管となり、96年に三菱合資会社へ払い下げられる。以上の官営期及び三菱払下げ後に様々な欧米新技術の導入=「近代化」

が行われたことは、幾つかの文献から窺い知ることができる。しかし、そうした新技術の内容や展開の過程自体が必ずしも分明でなく、また技術導入が有した意義についてはほとんど未解明と言ってよい³⁾。

このような研究史の現状を踏まえ、本稿では以下のように分析を進める。まず、明治期の製錬部門における技術導入を対象を限定する。そして、金銀の製錬を主とする技術である混汞製錬・搗鉱製錬・沈澱製錬・青化製錬を取り上げ、銅の製錬や選鉱を主とする熔鉱製錬・淘汰製錬の検討は他日を期すこととする。次に、「貧鉱の大量処理」「コスト意識」「装置工業化」という視点⁴⁾をもとに、上記4つの技術の内容、導入と展開の過程、意義と限界について考察する。この3つの視点をを用いる意味を初めに述べておきたい。第一の「貧鉱の大量処理」という視点は、近代佐渡鉱山の資源の賦存状況への対応がいかに

1) 表1は日本工学会・啓明会『明治工業史 鉱業篇』(明治工業史発行所、1930年)(復刻版、学術文献普及会、1968年)をもとに作成したが、麓三郎『佐渡金銀山史話』(増補版、三菱金属鉱業、1973年)529～532頁にも同様の統計があり、両者の数値が一部食い違っている。この点の考察は今後の課題としたい。

2) 『佐渡金銀山史話』529頁を参照。

3) 『佐渡金銀山史話』は近世期を中心とした佐渡鉱山の通史であるが、製錬部門における技術導入の説明などは概して『明治工業史 鉱業篇』の引用に頼っていること、三菱への払下げで叙述が終了していることなどが難点と言える。三菱鉱業セメント株式会社総務部社史編纂室『三菱鉱業社史』(三菱鉱業セメント株式会社、1976年)は、明治期の操業状態や産出量の変化などを簡潔にまとめているが、社史という性格上、官営期に比して三菱時代の経営改革を過大評価している嫌いがある。また、本稿でも使用する『佐渡鉱山史』(三菱史料館・佐渡市立相川郷土博物館所蔵。本稿では復刻された部分を使用)は、むしろ資料的性格が強いと見なす。

4) 本稿では製錬部門を対象を限定しているが、採鉱部門などにおいてもこの視点(あるいはこれに対応する視点)からの分析が可能と考えている。

表1 明治期佐渡鉱山のお金銅産額 (単位: g)

年次	金	銀	銅
1868			
1869	19,534	289,575	
1870	36,540	1,328,738	
1871	21,769	587,063	11,311,800
1872	23,145	822,563	
1873	37,451	1,710,023	4,012,800
1874	14,843	619,500	14,151,000
1875	25,088	1,156,500	12,030,600
1876	25,088	1,234,500	6,302,400
1877	68,404	3,007,875	-
1878	62,344	2,604,750	-
1879	93,893	1,958,625	-
1880	101,460	2,341,500	-
1881	91,418	2,735,625	-
1882	72,971	2,035,500	-
1883	76,523	3,238,500	55,368,600
1884	87,296	2,962,125	131,983,800
1885	94,373	2,781,375	403,800
1886	135,623	3,519,000	-
1887	124,388	3,150,750	1,276,800
1888	212,693	3,919,125	1,120,200
1889	209,078		793,800
1890	230,089	4,042,391	394,800
1891	231,169	3,862,946	14,320,800
1892	250,650	5,718,911	191,425,200
1893	227,190	5,231,224	79,012,200
1894	223,388	5,147,490	117,151,800
1895	221,513	4,263,750	115,542,600
1896	206,625	4,002,750	86,841,600
1897	185,400	2,846,625	75,838,200
1898	181,238	2,068,500	20,913,600
1899	196,031	3,252,000	37,801,800
1900	217,575	4,314,375	38,665,200
1901	365,104	4,786,875	36,644,400
1902	414,000	3,846,154	37,861,200
1903	451,384	4,041,728	29,966,400
1904	314,126	3,141,019	11,813,400
1905	360,623	2,845,924	6,174,000
1906	374,899	3,098,265	14,227,800
1907	410,040	3,614,074	5,868,000
1908	429,375	3,551,621	3,751,200
1909	496,076	4,294,328	1,192,800
1910	477,945	4,374,641	-
1911	465,173	4,418,809	5,464,800
1912	422,291	4,063,136	-

(資料)『明治工業史 鉱業篇』134, 142, 149頁。

(注)原資料は金・銀は匁、銅は斤表示のため、1匁 = 3.75g、1斤 = 600gとしてグラムに換算した。[-]及び空欄は基本的に原資料のまま(1889年の銀は判読できず)。

にしてなされたかを明らかにする。前述のように同鉱山は近世中期以降産出が減退したと見られるが、その背景としては採鉱・製錬部門などにおける技術の問題も挙げられようが、何よりも富鉱部分をあらかじめ掘り尽くしたことによっていた⁵⁾。この状況を前提として、従来廃棄していた低品位鉱石から金銀を抽出し、しかも大量の鉱石を処理することがいかにしてなされたかを検討する。第二の「コスト意識」という視点は、近代的鉱業経営の特質に関わるこの意識がいつ頃からいかにして技術導入に反映されたかを明らかにする。容易に想定される通り、官営から三菱の経営へと移行することでこの意識が明確化したことが確認される。第三の「装置工業化」という視点は、化学工業における産業革命の展開の指標という意味で捉えられ、同鉱山の製錬部門がいつ頃から装置工業へと移行したかを検討する⁶⁾。その場合、単に蒸気機関を導入しただけでは不十分で、製錬部門全体が規模の経済性を発揮しうるような生産のあり方となったか否かが重視される。

5) 『三菱鉱業社史』では、三菱による「事業引継ぎ後……高品位の上鉱は期待したように産額は上らず、中等以下の下鉱の産額が増加する傾向に」あったにも関わらず、「当時の製錬工程は取扱原料の性質により搗鉱・沈澱・熔鉱・混汞の4部門で行われたが、往年の出鉱状況は上鉱が豊富であったから、処理設備もそれに相応して計画されたものであった」(120頁)と、官営期にも上鉱が豊富に存在し、製錬部門もその状態に「相応して」いたとする。この点、官営期についての一層の資料収集と分析が必要であるが、近世中期以降の長期にわたる産出量の減退と、後述する搗鉱製錬(低品位鉱石を主対象)・沈澱製錬(他の製錬方法を経た鉱尾を対象)の性格とを考慮すれば、官営期に既に貧鉱化が進んでいたと見るべきであろう。

6) 一般に、装置工業論では単なる容れ物を意味する容器を中心的労働手段とする段階から、容器と機械の合一体である装置を中心的労働手段とする段階への移行が、一般製造業における道具から機械への移行と同義として重視される。この点について、詳しくは内藤隆夫「工場制の定着—第一次大戦前期日本の石油精製業—」(岡崎哲二編『生産組織の経済史』東京大学出版会、2005年9月)を参照。

本稿では以上の分析を通じて、明治期佐渡鉛山の製錬部門における技術導入の特質を解明する。近世期の研究⁷⁾に比して近代の蓄積が乏しいという研究史の現状を考慮すると、こうした限定的な分析も今後の研究の進展の一助となりうるであろう。

二、混汞製錬

(1) 技術の内容

混汞製錬とは、金銀が水銀と親和力が強くアマルガム(合金)を生成しやすいこと、またそれを加熱すると水銀が揮発して金銀が残ること、を利用した方法である。そして、汞化(混汞)の際に水平に回転する鍋を用いる方法を鍋混汞法と呼び、佐渡鉛山と同じ年に生野鉛山で開始された樽混汞法と対比される。また、欧米では金の採取率が不良のため専ら銀鉛に用いられたのに対し、佐渡では数回の改良を経て金銀ともに抽出されたことに特徴がある。

同法の概要を、それが廃止される直前の1900年代前半と思われる時期の操業状況に即して述べると、以下の通りである⁸⁾。選鉛を経たものの中で品位により上鉛(あるいは中鉛)に分類された鉛石が、一度貯鉛所に入れられた上で細粒は直接、直径1寸以上の粗鉛はプレーキ式碎鉛器によって碎鉛されて細粒鉛舎に入る。そこからチュロツホ式給鉛器を経て搗鉛碓内に落下し、そこで水を加えつつ、5本で1組となるカリフォルニア式搗鉛機によって粉碎され、真

鉛網を通り碓外に排出される。排出された鉛砂は木製沈定槽に導かれ、そこに水が放流され、沈定鉛砂はショベルですくい上げられて混汞鍋に運ばれる。なお、残った濁水は工場外に設けられた沈定池に入れられ、作業終了時に残った鉛尾(有用鉛物採取後の低品位の産物。尾鉛ともいう)とともに沈澱製錬の材料とされた。混汞鍋は1 罎入(後述する1883(明治16)年の増設にかかるもの)が6個、半罎入が8個あり、2個で一組となって使用される。そこに鉛砂を入れ、清水を注入して攪拌器によって攪拌し、その後定量の水銀を加えつつ蒸気を吹き込み加熱して汞化作用を行わせ、鉛液の温度を摂氏52～53度に保ったまま鉛石品位に相当する胆礬(硫酸塩鉛物)及び食塩を加え、さらに攪拌するとアマルガムが生成される。終業前にもう一度清水を加えて鉛液を稀薄化・冷却し、2個の混汞鍋に対し1個の割合でその下段に並列された分離鍋に導く。そこですぐに清水を注入して希釈し、次いで攪拌を始める。それによってアマルガムから水銀をある程度分離し、混合物となった状態で流出させるが、少量の水銀が混じった粗粒鉛砂及び硫化物鉛砂(「繰返砂」)は再び混汞鍋に入れて汞化される。繰返砂を取り出した後に分離鍋に残った鉛液には、さらに清水を注加して洗浄しながら攪拌器に移して攪拌し、これも混合物となす。こうして得た混合物を鉄管によって帆木綿袋に滴下し、その濾過作用によって水銀を落とす。そして残ったアマルガムを取り出して水洗し、四重の天竺木綿によって水銀を圧搾する。こうしてアマルガムからの水銀の分離を進めた上で、蒸留及び精製を行って金銀地金を得るのである。

なお、分離鍋に残った鉛尾はダンカン淘汰器(本来は選鉛用であるが汞化作用も行う)にかけ、水銀を加えて回転させることでアマルガムと汰物(汰物=選鉛により得られる品位の高い部分)を得る。汰物は熔鉛製錬の、他は沈澱製錬の材料に供された。

7) 代表的なものとして、『佐渡金銀山史話』及びその増補版4～5頁記載の田中圭一氏などの諸研究が挙げられる。

8) 以下で紹介する同法の概要については、「(ロ)混澆製錬法」(『佐渡鉛山史』「(第十五回)(二十四)三菱移管後に於ける佐渡鉛山製錬法詳細」小風秀雅編集・発行『受託研究「佐渡金銀山の歴史的価値に関する歴史学的・史料学的研究」2009年度調査報告書』2010年3月)136～139頁、及び『明治工業史 鉛業篇』308～314頁に基本的に依拠している。

(2) 導入と展開の過程

佐渡では、早くも明治3(1870)年に工部省お雇い外国人のイギリス人ガワー⁹⁾の指導で鍋混汞法用の製錬所の建設に着手し、明治5年7月以降試運転に入ったが好結果を得ることができず、ガワーが解傭された1873年の2月に一度休止されて旧製錬法に復したとされる。この時の不成功の原因として、ガワーが混汞製錬と佐渡の鉱石の性質の適応についての検討を怠り、また製錬の改良にも取り組まなかった(もしくは取り組むことができなかった)と指摘されている¹⁰⁾。しかし、同年新たに工部省に雇用されたお雇い外国人の米国人ジェニン¹¹⁾によって、恐らくは佐渡の鉱石に適合すべく何らかの改良が行われた上で、75年12月に試験的な運転

が再開されて好結果を得た。またその際、金銀のみを含有する鉱石を鍋混汞法で製錬するとともに、銅を含有し金銀の品位の低い鉱石に対しては同年に完成した熔鉱炉を用いる熔鉱製錬が導入されたことにも注目できる。旧製錬法は翌76年2月に廃止され、鍋混汞法は77年1月までには操業が安定化したと報告されている¹²⁾。83年にはそれまでよりも大型の混汞鍋6基を増設して計14基とし、25本の搗鉱機、100馬力の汽罐を使用するなど工場の規模を拡張した¹³⁾。

しかし、1895～96年頃までには採鉱部門において上鉱の産出量の減少が明確化したと見られ、このため三菱払下げ後の98年度¹⁴⁾には100馬力汽罐の使用を中止して予備の40馬力汽罐に切り替え、搗鉱機も10本のみの運転となった。その後、碎鉱器の位置の変更による鉱夫数の削減、ダンカン淘汰器の利用による水銀の脱硫防止などの改良が行われ¹⁵⁾、1901年度には全装置の運転に復帰した。そして、03年には「一ヶ月産金二十七キログラム 匁の多額を産するに至つた。之れ空前にして絶後であつた」¹⁶⁾と言われる好結果を得た。

- 9) エラスマス・H. ガワーはジャーディン・マセソン商会の一員として来日後、江戸幕府雇いの技師となって蝦夷地の茅沼炭鉱の開坑に関わった後、幕府から佐渡の調査を依頼され慶応4(1868)年に佐渡に来着したが、この時は幕府倒壊に伴い3ヶ月あまりで引き揚げた。その後、明治2(1869)年に明治政府雇いとしての一時駐在を経て翌年工部省雇いとしてみたび佐渡に赴任し、混汞製錬の他に採鉱における黒色火薬による発破の導入などを行い、1873年解傭となった。以上の経緯については、植田晃一「明治初期の佐渡鉱山近代化と米国人技師アレキシス・ジェニン」(資源・素材学会『資源・素材'98(北九州)』1998年)129～131頁を参照。
- 10) 「明治初期の佐渡鉱山近代化と米国人技師アレキシス・ジェニン」131頁。最後の点について、同論文は志保井利夫「エラスマス・H・M・ガワーとその係累」(自費出版、1979年)の、「佐渡での旧製錬関係の離職者の間で醸されていた不穏な空気に示されたガワーへの不信もあって彼に改善の時間を与えなかったであろう」(頁不明)という推定を用いている。
- 11) アレキシス・ジェニンはドイツのフライベルク鉱山大学などで学んだのち米國に帰国して鍋混汞法工場などに勤務し、工部省鉱山師長ゴットフレイの招きで来日した。1876年に任期満了となる。以上の経緯については、「明治初期の佐渡鉱山近代化と米国人技師アレキシス・ジェニン」132頁、及び植田晃一「明治初期官営佐渡鉱山の近代化と米国人技師アレキシス・ジェニン—明治8年6月より帰国まで—」(資源・素材学会『資源・素材'99(京都)』1999年11月)276頁を参照。

- 12) 以上の経緯については、植田晃一「明治初期佐渡鉱山の近代化と米国人技師アレキシス・ジェニン—佐渡着任から明治8年6月まで—」(資源・素材学会『春季大会講演集 I 資源編—平成10年度—』1999年)、同「明治初期官営佐渡鉱山の近代化と米国人技師アレキシス・ジェニン—明治8年6月より帰国まで—」を参照。
- 13) 『明治工業史 鉱業篇』311頁。
- 14) なお、三菱払下げ後の事業年度は前年10月～当年9月(すなわち1898年度は97年10月～98年9月)である。
- 15) 小林延人「佐渡鉱山の内国勸業博覧会への出品とその技術的評価」(小風秀雅編集・発行『受託研究「佐渡金銀山の歴史的価値に関する歴史学的・史料学的研究」2010年度調査報告書』2011年3月)17頁。
- 16) 「明治三十七年度」(『佐渡鉱山史』「(第十七回)(二十八)各年度鉱況説明と操業成績(事業報告概要)其二」『受託研究「佐渡金銀山の歴史的価値に関する歴史学的・史料学的研究」2010年度調査報告書』)76頁。ルビは引用者。

しかしながら、1902年度に「本工場は明治三年の設立に係り三十三年間使用ものなれば家屋諸器械老朽するに至つた」¹⁷⁾とされた事情に加え、「本法ニヨレバ壹噸ノ鉱石ヲ取扱フニ当リテ六円貳拾錢以上ノ経費ヲ要シ」¹⁸⁾という経費の過多、そして「富鉱ノ減少ト煩雜ナル方法ハ混濁法ヲ倒シ」¹⁹⁾とされるように対象原鉱である上鉱の産出量が減少した上、操業方法が非常に複雑な事、などから混濁法を存続させることの意味が疑問視された。その結果、混濁製錬は04年9月に廃止されたのである。

(3) 意義と限界

混濁製錬は前述の通り蒸気機関を用いる製錬方法であり、その点で旧来の方法と一線を画していた。また、当初はガワーによって同法が単独で導入されたが²⁰⁾、その後ジェニンが担当してからは鉱石の金銀銅の含有の割合に応じて混濁製錬と新設の熔鉱製錬が併用され、整理された生産体制となった。明治初年に低迷していた佐渡の金銀産額が1875年頃から増加傾向になったこと(表1)には、同年における両法の再開あるいは開始が与ったと見られる。混濁製錬は、近代佐渡鉱山史において無視できない意義を有したと言える。

ただし、これは金銀粒が比較的大きく含有率の高い富鉱向きの製錬方法であり、貧鉱化するわち低品位鉱石が中心となった近代佐渡鉱山の

状況には、そもそも適合的ではなかった。また他の方法に比してコスト高なことが、少なくとも三菱払下げ後には明瞭となった。さらに、同法は前述のように操業が非常に複雑であった。それは手工的熟練の残存を一近世期のそれとは異なる内容であるにせよ一必要としたと思われ²¹⁾、近代的な装置工業とは呼び得なかった。佐渡鉱山における混濁製錬²²⁾は、同鉱山の近代的な生産体制確立へ向けての過渡的な技術であったと見なしうる。

三. 搗鉱製錬

(1) 技術の内容

搗鉱製錬とは、米搗き機のような構造をした搗鉱機(スタンプ、杵)で鉱石を破碎しながら同時に水銀を注入して金銀を汞化させ、アマルガムを生成・捕集する方法である。搗鉱機を用いること、アマルガムを作ることは前述の混濁製錬と同様であり、その意味で搗鉱製錬は広義の混濁法に含められるが、搗鉱確内で破碎と水銀注入を同時に行って汞化作用をなす点に特徴を見出せる²³⁾。

同法の概要を、第二搗鉱場新設後²⁴⁾間もなくの時期と思われる1900年代前半の操業状況を中心に述べると、以下の通りである²⁵⁾。原鉱は

17) 「明治三十五年度」(『佐渡鉱山史』「(第十四回)(二十三)各年度鉱況説明と操業成績(事業報告概要)其一」『受託研究「佐渡金銀山の歴史的価値に関する歴史学的・史料学的研究」2009年度調査報告書』)128頁。

18) 佐渡鉱山『明治参拾六年度事業報告』83丁。

19) 『佐渡鉱山明治三十七年度事業報告』(三菱史料館所蔵)43丁。混濁製錬廃止直後の、三菱による評価である。

20) 実は、ガワーはこの時「ラーガスチン」法・「プラトナー」法という、塩化焙焼を行った後に金銀を溶液中に沈澱させる点で後述する沈澱製錬に類似した方法の導入を、併せて試みたが失敗したようである(『佐渡金銀山史話』464頁)。

21) この点に関しては本来労資関係と併せて検討すべきであり、今後の課題としたい。

22) ここで「佐渡鉱山における」としたのは、世界的には混濁製錬は第二次大戦後も存続したと見られるためである。

23) なお、ここで用いられる搗鉱機(カリフォルニア式搗鉱機)自体は明治3(1870)年の混濁製錬開始時に輸入されているが、これは鉱石破碎用に特化したものだったと思われる。

24) 第二搗鉱場新設の時期については、「(ハ)搗鉱製錬法」(『佐渡鉱山史』「(第十五回)(二十四)三菱移管後に於ける佐渡鉱山製錬法詳細」)139頁では1901年と、『明治工業史 鉱業篇』では1893年新設、1901年度に規模を倍加と記されている。本稿では取り敢えず前者と想定している。

25) 以下で紹介する同法の概要については、「(ハ)搗鉱製錬法」139～146頁、及び『明治工業史 鉱業

下鉦を主な対象としたが、混汞製錬が廃止される数年前頃から中鉦以上も扱うようになった。選鉦場より運ばれてきた鉦石はまず分級され、直径1寸以下の細鉦は直接に、それ以上の粗鉦はブレイキ式碎鉦器によって碎鉦された上で細鉦舎に入り、チュロツホ式給鉦器を経て搗鉦碓に運ばれる。以上の過程は混汞製錬とはほぼ同様である。搗鉦碓内のカリフォルニア式搗鉦機については、東西両工場に分かれている第一搗鉦場は各30本ずつを、第二搗鉦場も60本の搗鉦機を有し、それぞれが5本で1碓を構成している。なお、1本の重量は850^{ポンド}磅である。そこに予め清水を注入しつつ鉦石を装入し、あわせて水銀を注入しながら搗鉦機によって鉦石を粉碎する。粉碎された鉦石は水銀とともにアマルガムを作り、碓の前後左右両側面に張られた汞化銅板に附着する。もっとも、アマルガムの過半は鉦液とともに碓網を通じて排出されるので、そこに固定式・横震式という二種類の前銅板を置いて附着させる。このように、碓の内外に敷設した銅板によって金銀を抽出する方法を採用したのは佐渡が初めてであり、これによって貧鉦の有利な利用が可能になった。鉦液は更に下って尖函に入るが、そこにポンプを用いて水压をかけることで、比重の小さいアマルガムを含む鉦液は上昇して排出口からダンカン淘汰器に入り、比重の大きなものは尖函に沈定して採取される。ここでのダンカン淘汰器の役割は、混汞製錬と同様に水銀を加えることによる汞化作用すなわちアマルガムの生成が中心であり、そこから建桶に入れて洗淨し、建杓子で急激に攪拌することで水銀とアマルガムがある程度分離された。さらに建桶の上部には汰物が集まるので、これを採取して混汞製錬あるいは熔鉦製錬の材料とした。

こうして得たアマルガムを天竺木綿によって圧搾して水銀を落とし、混汞製錬と同様に蒸留・精製して金銀地金を得たのである。なお、ダン

カン淘汰器から出てくる鉦尾濁水は木樋を経て沈定池に導かれ、沈澱製錬の材料となった。

(2) 導入と展開の過程

同法は、1878(明治11)年に「私人「ラジエ」氏 島津家所有ノ山ヶ野及芹ヶ野両鉦山ニ於テ」創始したが、「装置不完備ナルヲ免レサルノミナラス同技師解傭ノ後二十年ノ久シキニ亘ルモ何等ノ改良進歩ヲ施スコトナク」²⁶⁾という状態におかれていた。これに対し、佐渡鉦山では宮内省御料局所管下の1890年頃に佐渡支庁長^{わたなべ}渡^{わたる}²⁷⁾のもとで^{あい}間ノ山搗鉦場を建設し、「世界ノ進歩ニ伴ヒタル新式ノ」²⁸⁾搗鉦製錬を開始した²⁹⁾。その後、三菱払下げ後の99年度には「貧鉦大量処理方針に基き搗鉦及沈澱製錬場の増設計画を樹て事業着手」³⁰⁾し、1901年度に第二搗鉦場が新設された。この新工場は、「搗鉦碓及

26) 第五回内国勲業博覧会事務局「第五回内国勲業博覧会審査報告 第四部」(1904年)(復刻版、明治文献資料刊行会『明治前期産業発達史資料』勲業博覧会資料48、1973年)147頁。

27) 渡辺渡は1879年東京大学理学部採鉦冶金学科を卒業後、82年フライベルク鉦山大学へ留学し、85年に帰国して翌年帝国大学工科大学教授となり、翌87年に当時佐渡鉦山局事務長の^{大島}高任に選任されて同局技師を兼務した。佐渡鉦山の^{大藏省}から宮内省御料局への移管時に^{大島}が退いた後を受けて佐渡支庁長に就任、のち佐渡鉦山局長となる。三菱払下げ後はその翌年の97年に農商務省鉦山局長、1902年に工科大学長に就任した。

28) 第五回内国勲業博覧会は1903年に開催され、既に佐渡を離れていた渡辺渡が金属鉦業の審査を主任として担当した。その渡辺による評価である(『第五回内国勲業博覧会審査報告 第四部』148頁)。

29) 搗鉦製錬が開始された時期について、「(ハ)搗鉦製錬法」では「明治二十二年三〇本の「スタンプ」を新設し貧鉦処理を開始し、二十四年更に三〇本増設」(139頁)、『明治工業史 鉦業篇』では「明治二十三年佐渡鉦山字間の山工場に於いて渡辺渡の計画開始」(327頁)(いずれも傍線引用者)とする。なお、間ノ山搗鉦場が完成したのは1891年である。

30) 「明治三十二年度」(『佐渡鉦山史』「(第十四回)(二十三)各年度鉦況説明と操業成績(事業報告概要)其一」)120頁。

表2 中鉛に対する混汞製錬と搗鉛製錬の比較

(単位はいずれも推定)

製錬法	鉛量 (0.1kg)	品位(10万分の1%)		採取量(噸)		収穫率(%)		利益(0.1 錢)		
		金	銀	金	銀	金	銀	金銀価	経費	利益
混汞	1000	21.0	255	19,074	218,96	90.8	85.9	31,365.0	7,872.0	23,493.0
搗鉛	1000	21.0	255	16,576	182,92	78.6	71.7	27,036.4	2,925.5	24,110.9

(資料)『明治参拾六年度事業報告』96丁。

(注)原資料には単位の記載がない。そこで「鉛量」と「利益」の単位については、本文の「一噸ニ対シテ六拾貳錢ヲ利シ」という記述をもとに、「混汞」「搗鉛」の最終的な利益の差が617.9であることから、表のように推定した。他の単位については、他の文献の表から推定した。桁区切り、小数点以下表示などは原資料のまま。

前銅板の改良」などによって「多くの懸案を解決」³¹⁾するという「好結果を挙げた」。一方、この頃「老朽傾向」³²⁾にあった第一搗鉛場は03年度に「大修理と共に改良を加へ」られ、その結果「金鉛量約四五、六〇〇匁を処理」³³⁾しうようになった。

この1903年度には、従来からの下鉛だけでなく中鉛の一部も搗鉛製錬で処理し始めていたことを受け、「設計簡ニシテ操業易ク経費少キ搗鉛法」と「複雑ニシテ経費多キ混汞法」³⁴⁾の中鉛に対する比較実験が行われ、搗鉛法は混汞法に対し収穫率では劣るが経費が著しく少ないため、「中鉛一噸ニ対シテ六拾貳錢ヲ利シ八千噸ニ対シテ凡ソ五千円ヲ利スルヲ得ル」であろうことが判明した(表2)。さらに、「之レ直接ノ利益ナレドモ其間接ノ利益ニ至リテハ一々枚挙ニ難シト雖モ鉛石及物品ノ運搬ヲ省キ物品ノ取扱ヲ少クシテ用度係ヲ簡シ工場ノ縮少人員ノ減少ハ製鉛課ヲ便シ」とされるように、物品費や人員の減少も図りうると期待され、混汞製錬の代わりに搗鉛製錬を用いることは「則チ佐渡鉛山事業ヲ簡易ニスルノ階梯ニシテ利益ヲ増進

スルノ基ナリ」³⁵⁾、という結論が下された。こうして中鉛も全て搗鉛製錬で処理されることとなり、混汞製錬は前述のように翌1904年に廃止されたのである。

その後の搗鉛製錬の展開を見ると、1904年度には「第二搗鉛場は「スタンプ」三十本増設、計九十本の運転状況は壮大を極め」³⁶⁾という状態に達した。06年12月には第三搗鉛場が起工されて08年12月に落成し、「二五〇馬力「モーター」を以て新設五〇本の杵を動かし」³⁷⁾ていた。

(3) 意義と限界

下鉛を対象とした製錬方法としての搗鉛製錬の開始は、佐渡鉛山において貧鉛処理という方向性が打ち出された画期となった。また、それでは捕集できない鉛尾を対象とした沈澱製錬もほぼ同時に導入が計画され、後述する1893年に実現した。そして、三菱払下げ後の99年度における両製錬場の拡張開始によって、貧鉛の大量処理という方向性は明確になったと言える。

31) 2つの引用はともに「明治三十五年度」(『佐渡鉛山史』「(第十四回)(二十三)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其一」)128頁。

32) 2つの引用はともに「明治三十四年度」(『佐渡鉛山史』「(第十四回)(二十三)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其一」)126頁。

33) 2つの引用はともに「明治三十六年度」(『佐渡鉛山史』「(第十四回)(二十三)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其一」)131頁。

34) 2つの引用はともに『明治参拾六年度事業報告』86丁。

35) 以上3つの引用は、いずれも『明治参拾六年度事業報告』96丁。

36) 「明治三十七年度」(『佐渡鉛山史』「(第十七回)(二十八)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其二」)77頁。

37) 「明治四十二年度」(『佐渡鉛山史』「(第十七回)(二十八)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其二」)104頁。これによって搗鉛機の総数は200本となり、また1本の重量も1,000磅になっている。なお、この第三搗鉛場は後に第一搗鉛場の中の新設のものと呼ばれた。

もっとも、この頃は前述の混汞製錬も並立しており、それが主対象とする上鉍は減少し、中鉍は搗鉍法でも扱いうることが次第に明らかになると、製錬部門全体としての複雑さあるいは効率の悪さは覆い難いものとなった。搗鉍製錬の導入と拡張は、貧鉍の大量処理という点では画期的で、製錬部門の装置工業化という点では未だ不十分だったと位置づけられよう³⁸⁾。

四. 沈澱製錬

(1) 技術の内容

沈澱製錬とは、塩化焙焼法的一种であるキス法の佐渡鉍山における呼び名であり、搗鉍製錬・混汞製錬などの鉍尾から、乾燥及び塩化焙焼を経て溶解・沈澱・濾過の順序で製錬されることで、銀を中心に金をも採取することを可能にした方法である。

同法の概要について、やはり廃止される直前の1900年代前半と思われる時期の操業状況に即して述べると、以下の通りである³⁹⁾。原鉍としては搗鉍尾・混汞鉍尾・淘汰鉍尾そして雑鉍の4種類を用いる。その中心である搗鉍尾は木樋により、混汞鉍尾は受負鉍夫が背負って、それぞれの沈定槽から運搬されて鉍尾貯蓄場に入れられる。そこで水分が多少抜けるのを待った上で、3つの鉍尾及び雑鉍を80:14.2:2.9:2.9の割合で混合する。それ(湿鉍)を乾鉍炉に入れて乾燥させて鉍砂とした上で、炉の下端に堆積した鉍砂を掻き出し、炉に接した位置にある焙焼炉の中に広げ、そこに左右から食塩を装入して加熱しつつ攪拌する。この塩化焙焼によって焼鉍と呼ばれる状態になると、焙焼炉の排出口

を開いて炉底に設けた受棚中に掻き落とす。以上の作業は、夏季には熱度が高いため苦痛を伴ったとされる。

この焼鉍は、受棚から鉄製鉍車を用いて焙焼炉の正面にある冷鉍所まで運搬される。焼鉍は極めて飛散しやすい軽粉のため、そこで十分に塩化作用を進めたのち焼鉍室に搬出し、その浸出槽に静かに装入する。浸出槽は二重底となっており、上部から焼鉍を装入すると同時に底から注液管を通して溶解薬(次亜硫酸石灰)を昇騰させ、それが鉍面上に達すると注液管を密閉する。そして今度は上部に、後述する貯液槽から送られてきた溶解薬を注入し、同時に浸出槽底部中央にある排液管を開き、鉍液を浸出槽の下段に配置された沈澱槽に導く。このように、次亜硫酸石灰を溶解薬として用いる方法を一般にキス法という。そして沈澱槽の鉍液に、沈澱薬貯蔵函からゴム管を通じて沈澱薬(硫化石灰)を注入して攪拌し、金銀そして銅を黒色の硫化物となして沈澱させる。その上で、沈澱槽底部に装入された上下2個の排水管のうちの上管より溶液を後述する母液槽へと流出させ、下管からは沈澱物を澱物槽へと集受させる。この沈澱物が、蒸気ポンプによって濾過器(でんぶつ)にかけられ脱水され澱物と呼ばれる状態になった後、熔鉍炉に送られて金銀を含む粗銅となるのである。

なお、沈澱槽と濾過器からの溶液は沈澱槽のさらに下段に配置された母液槽に入り、そこから貯液槽に送られ新液とともに貯蔵される。また、溶解薬・沈澱薬は石灰と硫黄を原料としてともにこの製錬場で製造された。

(2) 導入と展開の過程

佐渡では、搗鉍製錬と同様に御料局所管となつて間もなくの時期である1890(明治23)年に渡辺渡のもとで、「諸種の廃棄鉍滓、即ち混汞鉍尾及び淘汰鉍尾に尚ほ百万分台の金及び十万分台の銀を含有せるを以て、此の廃物を利用し、

38) なお、搗鉍製錬は1943(昭和18)年の金鉍業整理まで長期にわたり操業された。

39) 以下で紹介する同法の概要については、「(ホ)沈澱製錬法」(『佐渡鉍山史』(第十五回)(二十四)三菱移管後に於ける佐渡鉍山製錬法詳細)150~157頁、及び『明治工業史 鉍業篇』336~338頁に基本的に依拠している。

表3 キス法(沈澱製錬)と青化法の比較

方法	鉱量(匁)	採取物(匁)		金銀価(円)	経費(円)	利益(円)
		金	銀			
キス	26,883.555	32,196.600	1,693.660	101,133.680	52,161.679	48,972.001
青化	50,762.744	110,870.600	1,311.398	190,030.710	50,557.689	139,473.021

(資料)「明治三十八年度」(『佐渡鉱山史』「(二十八)各年度鉱況説明と操業成績(事業報告概要)其二」)80頁。

(注)単位は原資料のまま。

金銀を増収するの目的を以て⁴⁰⁾ 沈澱製錬の導入を計画した。翌91年1月に製錬場を起工して翌年12月に竣工し、93年2月からの試験を経て5月に操業を開始した。そして、99年度に前述の通り貧鉱の大量処理方針にもとづく搗鉱製錬の拡張が決まると、それに伴う鉱尾処理増加の必要から沈澱製錬も拡張が図られ、焙焼炉・浸出槽・沈澱槽の増設、冷鉱所の拡張などが行われた。この「沈澱場増設ハ(明治一引用者注)三十二年九月起工三十五年九月竣工」⁴¹⁾した。また、沈澱薬の投下量の調整など作業内容の改良もなされた⁴²⁾。

ところが、沈澱製錬における塩化焙焼に関わる作業は前述した高熱による苦痛に加え、「極めて非衛生的なりしが如く就業者の不満多く」⁴³⁾、しばしばその雇入が困難となった。労働者は冬季は沈澱場で作業を行うが、夏季は職場を離れ漁師として生計を立てるため、「強テ夏季ノ操業ヲ継続セントスルニハ非常ナル高賃ヲ支払サル可ラサル」事態となる。しかし、沈澱製錬はもともと「貧鉱処理ノ方法ナレバ高賃ヲ支払フニ於テ遂ニ維持スルノ困難ニ至ル」ため、「彼等ノ転職ヲ利用シ夏季ハ業務ヲ縮小シ冬季ニ於テ之ヲ回復スルノ方法」⁴⁴⁾が採られ

た。結局、増設して四炉となった焙焼炉は労働者不足のため三炉操業が常態となったのである。同法の問題点は、この人員不足あるいは高賃金だけに止まらなかった。すなわちこの他にも、銀の採取には十分だが金に対する効果は十分でない、石炭を始め食塩・硫黄等の物品の消費量が多くその運搬費も含め経費が高む、焼鉱の飛散が甚だしく、それ自体が損失である上に鉱夫は喉を痛め工場附近からの苦情も絶えない、などの指摘がなされていた⁴⁵⁾。

折しも、1900年から後述する青化法の研究が再開・本格化しており、その導入の目途が立ったために、「本法ノ不良成績ハ如何ニ其回復策ヲ考究スルモ到底及ブ所ニアラザル」⁴⁶⁾と見なされ、沈澱製錬は04年8月に廃止された。両法を比較した表3からは、収穫率こそ不明なもの採収物の量で青化法が大きく上回り、かつ経費では下回ることが読み取れる。沈澱製錬の廃止は、その意味で必然的であった。

(3) 意義と限界

沈澱製錬は本来低品位鉱石の処理法という性格をもち、搗鉱製錬・混汞製錬などを経た鉱尾からの金銀銅の採取を可能にした。そして、1899年度には正に貧鉱の大量処理方針にもとづき設備が拡張された。

しかし、物品の消費と運搬にかかる経費の負担は深刻であり、加えて夏季に労働者の確保を図る場合は高賃金が必要とされた。後者の点を回避すると人員不足で設備のフル稼働ができず、そもそも金の採取が不十分なこともあり、

40) 『明治工業史 鉱業篇』336頁。この引用から、沈澱製錬の導入計画自体は搗鉱製錬を必ずしも前提としなかったことが窺える。

41) 佐渡鉱山『明治参拾五年度事業報告』44丁。

42) 「佐渡鉱山の内国鉱業博覧会への出品とその技術的評価」18～19頁。

43) 「明治三十五年度」(『佐渡鉱山史』「(第十四回) (二十三)各年度鉱況説明と操業成績(事業報告概要)其一」)128頁。

44) 以上3つの引用は、『明治参拾五年度事業報告』38～39丁。

45) 『明治参拾六年度事業報告』97, 100～101丁など。

46) 『佐渡鉱山明治三十七年度事業報告』68丁。

コストに見合う生産ができたとは言い難かった。さらに混汞製錬と同様に工程が複雑で、高熱を伴う手作業あるいは重筋労働を伴ったこの製錬方法では、規模の経済性が発揮される見通しは立たなかった。こうした問題点は、むしろ設備の拡張後に痛感されたと見られる。沈澱製錬は、他の方法と補完的に操業されることで貧鉱処理に一定の役割を果たしたが、コストや装置工業化という面で展望が開けず、青化製錬に地位を譲ることとなる。

五. 青化製錬

(1) 技術の内容

青化製錬とは、金銀が青化液(青化加里あるいは青化曹達の溶液)によく溶ける性質を利用した採取法である。佐渡鉱山の場合は、搗鉱製錬からの鉱尾を砂鉱と泥鉱に分けた上でそれぞれに青化液を加えて溶解し、この鉱液を亜鉛と接触させることで金銀を沈澱させて回収した。

同法の概要を、恐らく明治末と思われる時期の操業状況に即して、砂鉱青化法と泥鉱青化法に区別して述べると以下の通りである⁴⁷⁾。前者の砂鉱青化法では、まず搗鉱製錬からの鉱尾を砂鉱沈定池に入れ、沈定した砂鉱を溶解槽に装入し、そこに青化加里の溶液を注入して溶解することで金銀溶液を得る。後者の泥鉱青化法では、まず先の砂鉱沈定池から溢流した泥水に石灰を注加した上で尖函に入れ、そこから取泥槽を経て攪拌槽に送る。そして、攪拌槽で青化液を加えて攪拌してから溶解槽に送り、そこでポンプを用いて泥流を循環させることで攪拌及び溶解を進める。その後、溶解槽内が静止するのを待って上澄液を金銀溶液として抽出した上で、その残りを洗浄槽に移して再び青化液を加えて攪拌し、同様にその上澄液を抽出する。な

お、残った洗浄滓は泥溜を経て濾過器に送り、液と泥を分離して処理する。

こうして砂鉱・泥鉱それぞれから金銀溶液を得た上で、それを亜鉛沈澱函に流入させ、函内に装置した亜鉛の削屑との接触によって金銀分を遊離・沈澱させた後に、濾過して澱物とする。そして、それを乾燥させてから焙焼して亜鉛などの不純物を除去した上で、分銀炉に送って灰吹法の技術により金銀地金を得たのである。

(2) 導入と展開の過程

佐渡では、他の鉱山に先がけて御料局時代のもとの青化製錬の実験を行い、次いで三菱下り後の98年にも中村啓二郎技師のもとで実験を行ったが、満足な結果を得られなかった。

その後、他の鉱山での導入を経た1900年から実験が再開され、青化加里の強度による金銀の溶解率の度合を調べる実験、原鉱を下鉱・中鉱・上鉱に区別したり、あるいは搗鉱尾を用いたりしての同様の実験などが行われた。その結果、青化法は貧鉱すなわち低品位の鉱石に対しても有効であること、「汞化及青化の併用」すなわち「佐渡の鉱石は一度汞化法(混汞製錬または搗鉱製錬—引用者注)を通する事が必要である事」⁴⁸⁾、「大体「キツス」法より遙かに有効である事」⁴⁹⁾などを確認した。またその間に、青化液で溶解して洗浄した後さらにラッセル液(次亜硫酸曹達などの溶液)で溶解するいわゆるラッセル法を試み、この「合併方法を取れば金銀共に相当の実取を得る事出来るが此先は経費問題」⁵⁰⁾となり、結局この溶解薬の利用を断念したと見られることは、導入に当たっての三菱のコスト意識の高さを示す事例として興味深い。

47) 以下で紹介する同法の概要については、『明治工業史 鉱業篇』334～363頁に基本的に依拠している。

48) 2つの引用はともに、「(二十七)青化製錬法の研究」(『佐渡鉱山史』「(第十六回)」『受託研究「佐渡金銀山の歴史的価値に関する歴史的・史科学的研究」2010年度調査報告書』)60頁。

49) 「(二十七)青化製錬法の研究」68頁。

50) 「(二十七)青化製錬法の研究」64頁。

以上を踏まえ、「半ば大規模の実験として、半ばは操業の第一歩として……（明治一引用者注）三十六年九月二十六日、即ち三十七年の年度替りより実行に取掛つた」。そして、直接にはこの数回の「大試験」⁵¹⁾の結果が「案外ニ良好ナリシヲ以テ」⁵²⁾、1904年8月に青化法は採用された。

青化法の導入後、「佐渡鉛山の製錬は……画期的変革を来し、搗鉛製錬の後を承けて青化製錬処理の一貫作業に終始し、最終品生産の為に熔鉛製錬を適用するを原則にするに至つた」⁵³⁾とされるように、原鉛に対しまず搗鉛製錬を行いついでその鉛尾に青化製錬を施すという「一貫作業」を中心とし、熔鉛製錬はいわば両者の補完として最上鉛の原鉛あるいは両者からの汰物を扱う、という体制となった。「複雑なる工場は比較的簡素となり、作業能率を増し経費を減じ、鉛夫数少く監督便となつた」⁵⁴⁾ことは、その成果を表している。一方、青化法導入と前後して混汞製錬・沈澱製錬は相次いで廃止された。

この時導入されたのは搗鉛尾の中の砂鉛を対象とする砂鉛青化法であり、泥鉛は当初は放棄されていた。しかしその結果、「搗鉛原鉛の二割が泥鉛として放棄せられ結局一年間一〇、〇〇〇匁が海中に流出するもので、其平均品位金三・一、銀一四八瓦^{グラム}にして含有全量金三一匁、銀一、四八〇匁に達するを以て」⁵⁵⁾、泥鉛に対し

ても青化処理を行うべく研究が開始された。そして、この泥鉛青化法の製錬場の1906年2月起工、翌07年1月竣工を経て、8月に試運転が行われ、間もなく操業が本格化した。もっとも、「未だ完全なる成績を挙ぐるに至らず研究を継続」⁵⁶⁾することになった。

砂鉛青化法の導入に当たっては、

当時は各社技術交流等もなく又は全国技術者が中央に集つて研究発表の機会も殆んど無く佐渡鉛山の技術は鉛山の技術者によつて全部完成させる責任があり有力なる参考資料の援助もなかつたから終始実験研究によつて哺育大成するより外に途がなかつた⁵⁷⁾

とされ、泥鉛青化法の時も、

泥鉛青化法タルヤ本邦ニ在ツテ未タ嘗テ見ルヘキ先例ナク日米亜其他ニ於テ行ルル所ノモノハ本邦事情ノ異ナルアリテ□□ニ取テ模倣スルヲ許サス故ニ種々苦心ノ末一種佐渡式トモ称スヘキ方法ヲ案出実施シタルニ無経験ノ事トテ實際ニ当リ予期ニ反シタル少カラス⁵⁸⁾

とされたように、多数の鉛山を傘下に有する三菱も他の鉛山からの技術導入ができなかった。その理由の一つとして鉛山ごとの鉛石の性質の違いが、少なくとも直訳的な技術導入を阻んだことが挙げられようが、三菱内部での技術交流の有無については判然としない。結果的に、三菱は長期の実験を経て砂鉛青化法・泥鉛青化法を導入し、またその後も実験を踏まえて技術の改良を続けた。

なお、明治末期には原鉛を全て泥鉛として処

51) 2つの引用はともに「(二十七)青化製錬法の研究」68頁。

52) 『佐渡鉛山明治三十七年度事業報告』66丁。

53) 「明治三十八年度」(『佐渡鉛山史』「(第十七回)(二十八)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其二」)78頁。

54) 「明治三十七年度」76頁。

55) 「明治三十九年度」(『佐渡鉛山史』「(第十七回)(二十八)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其二」)91頁。別の資料によれば、「之(含有全量)一引用者注)ヲ価格ニ換算スレハ殆ント拾万円ノ多キニ上」(『明治三十九年度製鉛課事業報告』三菱史料館所蔵、24丁)った、と指摘されている。

56) 「明治四十年度」(『佐渡鉛山史』「(第十七回)(二十八)各年度鉛況説明と操業成績(事業報告概要)其二」)95頁。

57) 「(二十七)青化製錬法の研究」72頁。

58) 佐渡鉛山『明治四拾年度事業報告』140～141丁。□は判読できず。

理するいわゆる全泥青化法が世界的に普及しつつあったが、佐渡ではそれは行われなかったようであり、1911年度にも「砂鉍青化法 処理鉍量七八、九〇二匁……泥鉍青化法 処理鉍量二三三四八匁余」⁵⁹⁾と、砂鉍青化法が中心であった。

(3) 意義

青化製錬は直接には沈澱製錬を代替すべく導入され、搗鉍製錬の鉍尾を扱う形で出発した点で貧鉍処理の性格をもっている。また、1904年の採用に至るまで4年以上の実験期間を経ており、その間にはラッセル法で好結果を得ながら利用を断念するなど、コスト意識が重要な役割を果たしていた。さらに、搗鉍製錬とともに簡素な組織で一貫作業を行うことで規模の経済性を発揮できたと見られることが、07年前後からの佐渡の金銀産額の増加傾向(表1)によって窺える。それは、青化製錬そして泥鉍青化法の導入と搗鉍製錬との一貫作業の開始が貧鉍の大量処理という方向性を一層強化するとともに、製錬部門に資本主義的な装置工業の性格をも具備させたことを示すものと言えよう。

六. 小括と展望

本稿の分析結果をまとめ、併せて若干の展望

を述べることで結びとしたい。

明治初期に導入された混汞製錬は、初めての蒸気機関を用いた製錬方法という点で旧来と一線を画したが、富鉍向きの方法のため当該期における資源の賦存状況に適合的でなく、コスト高や操業の複雑さといった限界もあった。宮内省御料局時代に導入された搗鉍製錬は下鉍を対象とした方法であり、鉍尾処理用の沈澱製錬と併せて用いられることで、貧鉍処理という近代佐渡鉍山の展開を特徴づける生産のあり方の、製錬部門における開始の画期となった。ただし、搗鉍法が導入当初には混汞法と並立していたこと、沈澱法の工程がやはり複雑だったことから、製錬部門全体として規模の経済性を発揮できる状態にはなかった。三菱の経営下で導入された青化製錬は、長期の実験を経たことに示されるように近代的鉍業経営にふさわしい強いコスト意識の下で導入された。また、直接には沈澱製錬の代替という形で出発し、搗鉍製錬と一貫作業を行うことで貧鉍の大量処理という方向性を以前にも増して明確にするとともに、製錬部門に装置工業の性格を具備させた。

以上の分析結果から、明治後半期が近代佐渡鉍山史において非常に重要な時期だったのではないかという仮説が導かれる。この仮説の妥当性は、今後採鉍部門などを併せて分析すること、及び大正期以降まで分析の射程を延ばすことによって検証される必要がある。それは筆者の今後の課題である。

59) 「明治四十四年度」(『佐渡鉍山史』(第十七回)(二十八)各年度鉍況説明と操業成績(事業報告概要)其二)112頁。