

館 充

Mitsuru Tate

813

3 高炉とその操業の失敗

3.1 設備

高炉はスコットランド式（鉄皮式）2基で、図3に示すように内容積97 m³、高さ18 mであり、羽口は4本であった。高炉は1基ずつ交互使用の予定であり、したがって付帯設備は1式で、直立単筒式送風機1台（80馬力 [60 kW]、流量57 m³/min）、ホイットウエル式熱風炉3基（送風温度1100°F=593℃）およびコルニッシュボイラー3台を備えていた。

3.2 操業

1880（明治13）年9月に第1次操業を開始したが、間もなく木炭不足に陥り、さらに製炭場の火災のため91日で操業

を中止した。表1に操業成績⁵⁾を示す。

木山の4000町歩への拡大と作業体制の強化により木炭の増産をはかるとともに、ビーハイブ式コークス炉（「ジョンズ式焦炭窯」、装炭量3t×24基）を設けてコークスの製造にも備えて、1882（明治15）年3月に第2次操業を開始した。当初は比較的順調であったが、やがて木炭の粉化による炉熱の低下、その不足に伴う性状不良コークスの使用、焙焼不足による生鉄の使用などのもとで、炉床が冷却凝固して操業不能となり200日で中止した。代表的な操業成績⁶⁾を第1次のそれとともに表1に示す。

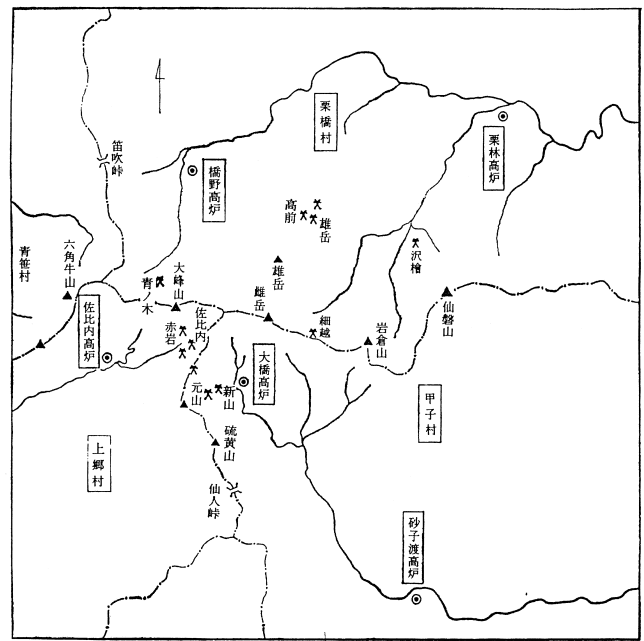


図2 明治初期の釜石における木炭高炉群の配置

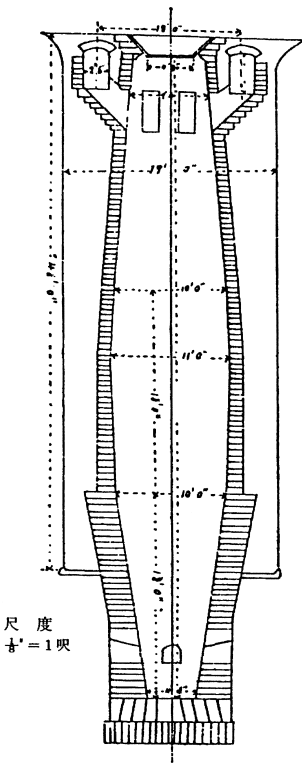


図3 官営釜石高炉のプロフィル

表1 官営釜石高炉の操業成績

	総出鉄 量 t	総消費量 t					出鉄量 t/d	鉄石比 t/t	燃料比 t/t
		鉄石	木炭	*コークス 燐炭	石灰石	フラックス 溶解石 [#]			
第1次	1508	2103	2082	74	388	247	16.5	1.394	1.429
第2次 (4月)	—	—	—	—	—	—	26.2	1.572	1.245

* 燐炭の読みは「ふうたん」、意味は「消し炭」。杉山頼吉の論文⁵⁾ではこれにコークと振り仮名してコークスの意味を与えている。ちなみに黒田泰造は「我が国で組織的にコークスの製造を開始したのは大阪造幣寮で明治4年4月に11基のビーハイブ式コークス炉を建設して、高島炭を原料としてコークスを製造した時であり、次いで明治7、8年三池で、さらに明治10年には佐渡鉄山と古河鉄山でも製造するにいたった」（要旨）と述べている⁷⁾。当時は炭鉄も金属鉄山も官営であって、燐炭はこれらのいずれかで造られたものであろう。

溶解石にはフラックスという振り仮名が付せられているが、石灰石と並んでいることからみて、明らかに塩基性の溶剤ではない。鉄石比が低いことから鉄石品位が高いとみられるので、スラグ増量用の酸性添加剤と考えられる。

4 失敗の原因としての 原・燃料調達計画

4.1 鉱石調達計画

この失敗の直接の原因は燃料調達計画の齟齬にあったが、鉱石についても計画には不備が少なかった。外人技師による埋蔵量の測量は採鉱を行わず、露頭の観測によって全量を推測したものであったこと、採掘が前山・新山などの大橋鉱山地区に限られており、しかも採鉱・輸送は坑夫の不足と運搬路の損傷のためしばしば休業する状態であったこと、採掘された鉱石の一部の大橋焼鉱場までの輸送施設が甚だ不十分で、輸送量は15～16t/dの程度であったこと、そして焙焼と破碎を大橋で行ったため、鈴子着までに37%という損失を生じたことなどがそれであった。なお木炭を燃料とする鉱石焙焼炉（2基）の能力は5000貫/日（18.75t/d）で、鉱石は焙焼前に2～3寸（60～90mm）、焙焼後1寸（30mm）の程度に人力破碎された。

4.2 燃料調達計画

問題の燃料についていえば、先ず第一に探査すべき石炭はコークス製造用原料炭（粘結炭）であるのに、これを埋蔵しない東北近県に調査地点を限定していたという明白な誤りを挙げねばならない。しかも当時すでに弱粘結炭ではあっても三池炭によるコークス製造は行われていたのである。さらに燃料を木炭に変更しさい、その所要量を1日5000貫（18.75t）と見込んだが、これは木炭比を0.75t/tと仮定したというに等しく、著しい過少見込みであったといわねばならない。実際表1から第1次操業における木炭消費量は6080貫/日（22.8t/d）と計算され、品質を犠牲にして増産をはかったとされる第2次操業では比較的好調の時期についても8690貫/日（32.6t/d）となり、実所要量は1日10000貫⁸⁾とも、12000貫⁹⁾ともいわれたのである（表2）。

木炭の製造についても問題があった。出雲地方で1代4000貫の大炭を消費するたたら場を半永久的に稼動するのには30年生の木山3900町歩が必要とされていた¹⁰⁾。たたら炉の

操業は月4代が普通であったから、大炭の月間消費量は16000貫、したがって1日平均では533貫の消費量に相当する^{*2}。2800町歩の木山を擁する小川製炭場で1876（明治9）年9月から1880（明治13）年12月まで（52ヶ月間）に生産された木炭量は847,920貫、すなわち平均16300貫/月（＝61.1t/m）であって、出雲地方の場合とほとんど同等である。これはここでは25t高炉の木炭所要量の1日分さえ永続的には保障できなかったことを意味する。また木山の4000町歩への拡大後、1880（明治13）年12月から1881（明治14）年6月まで（7ヶ月間）には453,947貫（64850貫/月＝243.2t/m）、以後1882（明治15）年3月まで（9ヶ月間）には1,000,000貫（111,110貫/月＝416.7t/m）と増産されたが、依然として1日消費量には満たなかった上、明らかに木山の再生を無視した乱伐・乱造であった。出雲と同じ基準で1日1万貫（30万貫/月＝1125t/m）の木炭を永続的に供給するためには7万町歩余の木山が必要であったのであり、その経営はそれ自体が大事業であった（表3）。官営釜石鉱山の計画担当者には木山の再生を含む木炭生産の意志はなかったと考えざるをえない。

5 木炭の品質

木炭には量の問題だけでなく質の問題もあった。全高18mの高炉は硬い木炭を必要としたが、伝統的な製鉄用木炭すなわちたたら炭（大炭）は燃焼性を重視した軟らかい木炭であった。釜石地方には大島式の洋式木炭高炉群があり、その要求する木炭はたたら炭とは異なっていたはずであるが、これらの炉は内容積3m³、全高6m程度と小型であって、硬さにたいする要求はあまり厳しくなかったのであろうか、あるいは鑄鉄溶解用の白炭または堅炭が用いられたのであろうか、これについての言及はないようである。

木炭は在来の土窯でつくられたが、焼き方には火が全原材料に回ったら入り口を全閉し3～4日後に炭を取り出す土窯焼のほか、嵐焼という方法があった。嵐焼では入り口全閉のさい、3個の煙出しのうちの2個をふさいでおき、明いている

表2 官営釜石鉱山における木炭消費量〔貫/日（t/d）〕

当初見込	第1次実績	第2次実績（4月）	実績見込 A	実績見込 B
5000（18.75）	6080（22.8）	8690（32.6）	10000（37.5）	12000（45）

*2 出雲では藩の主導のもとに有力鉄山師8人の寡占体制が形成されて、この条件が満たされていたが、そこでもたたら場の総数は17（1835〔天保6〕年）であり、分散配置されていた。しかし他の諸藩では15年程度で木山を伐り尽くせばたたら場を移動するのが普通であった。ただし木山の所要面積はいずれにしても乾溜歩留の高いたたら炭〔および大鍛冶用小炭〕を製造する場合についての見積である。高炉用の硬い木炭は収率は低いが、高炉の所要量も少なくなる可能性があり、その場合の木山の所要面積はこれらの事情とともに能率のよい製炭炉の採用を勧奨して見積られることになるであろう。

表3 木炭生産量(使用量)と木山面積

	期 間	総 生 産 量	生 産 量	使 用 量	木 山 面 積
釜 石	1876~80(52月)	847,920 貫 (3179.7 t)	16,300 貫/月 (61.1 t/m)		2,800 町歩 (10 ⁴ m ²)
同 上	1880~81(7月)	453,947 貫 (1702.3 t)	64,850 貫/月 (243.2 t/m)		4,000 町歩 (10 ⁴ m ²)
同 上	1881~82(9月)	1,000,000 貫 (3750 t)	111,110 貫/月 (416.7 t/m)		〃
同 上			300,000 貫/月 (1125 t/m)		73,125 町歩 (10 ⁴ m ²)
出 雲			16,000 貫/月 (60 t/m)	4,000 貫/代 (15 t/c)	3,900 町歩 (10 ⁴ m ²)

煙出しから白煙が上がったら、入り口を開いて十分に風を入れ白熱させた後窯外に取り出し、水を含む土砂をかけて消火し、約24時間後に土砂を取り除くのであった。品質は土窯焼(黒炭)は脆弱で粉化しやすく、発熱量も小さいのに対し、嵐焼は堅牢で粉化しにくくて明らかに優れていたが、収率が低い(前者の1/2)という問題があった。品質のこの違いは鉾石/木炭比で30%近い差を生じた⁶⁾が、量の要求を満たすため専ら土窯焼がつくられるにいたった。

6 コークスの製造と品質

官営釜石鉾山は木炭の量・質両面の問題の解決の方策をコークスの製造・援用に求めた。コークスは当初三池炭と高島炭、後には三池炭単味でつくられたが、その使用の結果は「近頃木炭ノ欠乏ヲ憂ヒ一時之ニ換ユルニ炭炭ノミヲ以テス、然ルニ其コークス礦石ト調和十分ノ適当ヲ得ザルガ為、出銑非常ニ減量シ、加之炉内ニ在リテ礦滓凝結シテ一大塊ヲナシ、遂ニ銑銑流出ノ湯口ヲ閉塞スルニ至ル」¹¹⁾という惨澹たるものであった。これについて日本鉄鋼史 明治篇¹²⁾は「おそらくコークスの形状、大きさ、堅さ等が十分研究されずに装入されたため」であろうと述べているが、三池炭単味コークスは後年官営八幡製鉄所第1高炉の第2次操業でも用いられてその失敗の一因となったもので、熱間強度不十分で細粒化・粉化しやすかったことのほかに、その灰分のAl₂O₃含量が高いという特異性があったことが知られている^{13,14)}。つまりところ官営釜石鉾山は高炉用コークスの性状とその製造に関する知見不十分のままそれに取り組んで失敗を重ねたということであろう。

7 終りに

明治政府は工部権少技長 伊藤弥次郎の以下の報告¹⁵⁾を直接の理由として1883(明治16)年に釜石鉾山の官営廃止を決定した。

①釜石の鉾石埋蔵量は13万t余と少なく、しかもその一部は

輸送困難な所にある。

②1日1万貫の木炭消費では、4000町歩の木炭山の原材は2年余でなくなる。

この報告は官営廃止の理由ではなく口実というべきもので、①は後に(1893[明治26]年)農商務省臨時製鉄事業調査委員会(委員長は和田維四郎)によって「鉾石埋蔵量の調査不精密、鉾石採掘地域の狭小、鉾石輸送設備の不備」と批判された¹⁶⁾。和田委員会はまた②についても「木炭・石炭の不足(山林区域の狭小)」と指摘したが、釜石鉾山経営主体の意図は木炭の永続的な生産にはなく、一旦は棚上げしていたコークス製造路線の復活にあったことは明らかである。集中的生産は製鉄所内で製造されるコークスを使用する高炉操業によってこそ保障されと考えられていたのである。その意味で官営釜石鉾山の製鉄は確かに木炭からコークスへの燃料の転換技術の導入という性格を帯びていた。しかしその失敗は典型的というには余りにも準備不足のままの取り組みによるものであった。したがって田中長兵衛が釜石鉾山の払い下げを受けて製鉄を再開するにあたっては、小型木炭高炉(出銑量5t/d、木炭比2t/t)の分散配置方式に戻らざるをえなかったのである。田中製鉄所がコークス高炉の操業に成功して、集中生産を実現するのは1896(明治28)年のことである。

補論 官営釜石鉾山におけるパドル法について

官営釜石鉾山では表4の設備¹⁷⁾を備えてパドル鉄(鍊鉄)を製造する計画であったが、その首尾はどうであったのだろうか。

パドル工場は1882(明治15)年3月に操業を開始したが、「鍊鉄の業」を「半製部」と「仕上部」に分け、「半製部」だけを実施したものであり、しかも作業を行ったのは同年6月までの4ヶ月であったという。また当時使用された設備はパドル炉(鍊鉄炉)4基、ロール機(伸鉄器)1基、3.5tの汽鎚(蒸気鎚)1基だけであったとされている¹⁸⁾ことからみて、仕上部とはロール圧延を主とする工程であったと推察される。

作業そのものについては桑原による以下の報告¹⁹⁾がある。

表4 官営釜石鉱山におけるパドル工場の設備

鍊鉄炉	再熱炉	汽 鎚	ロール機	鍛鉄機	切断機	汽 鋸	汽 罐
12 基	7 基	2 基	5 基*	1 基	3 基	1 基	8 基

*三枝・飯田¹⁸⁾は桑原 政の報告を引用してロール機を4基とし、鍛鉄機、汽鋸、汽罐を挙げていない。
鍛鉄機とは滓絞り機のことであろうか。

「炉中へ装入ノ比例ハ煉鉄炉ノ総積四ホンドレッドウェイト
[英一二〇ポンド]ノ鉄ヲ入ル可シ。而シテ之ニ四百五十磅
ノ銑鉄ヲ装入シ、炉ノ後ロヨリ石炭ヲ焼き、適当ノ熱度ニ達
スレバ、鉄棒ヲ差シ入レテ能ク炉中ノ溶解シタル鉄ヲ混和シ、
其ヲ酸化セシメタル後チ炉中ニ於テ大凡七十乃至八十磅ノ鉄
丸トナシ、之ヲ蒸気鎚ニテ叩キ、伸鉄器ヲ以テ延伸スレバ、
煉鉄トナルナリ。一回装入ノ銑鉄ヲ煉鉄トナシ了ル迄ノ時凡
ソ二時、故ニ職工ノ使役時限十二時間ニ六回ヅ、装入スルヲ
適度トス。一回装入ノ鉄ヲ以テ前ニ陳ル所ノ鉄丸六、七個ヲ
製ス。而シテ目今四個ノ煉鉄炉ヨリ一日ノ出来高ハ凡ソ三千
百〇磅ニシテ、其製造中滓ニ化シテ減ズルモノ、百ニ付十七
乃至十八ノ率ナリ。」通常6～15%とされる酸化損失²⁰⁾が17
～18%と大きいのは、技術の未熟によるものと説明される
であろうが、3100ポンドという出来高は1882年6月までに
わずか907ポンドの「半製鍊鉄」が生産されたという報告¹⁸⁾
と整合しない。

官営釜石鉱山におけるパドル作業は高炉の第2次操業の中
止、すなわち製鉄の終焉(1882年9月)に先んじて終わった
ことになるが、その中止は官営釜石鉱山の挫折の原因ではな
く、むしろ製鉄の終焉に連動したものというべきであろう。
しかしパドル法は田中製鉄所のコークス高炉が稼動を開始し
た後も復活しなかった。それは明治20年代後半に起案され
た数次の官営(八幡)製鉄所設立計画案には採用をうたわれ
ていたものの、最終的には放棄されて結局日の目をみなかっ
た。ベセマー法の発明に始まり、塩基性平炉法の出現によっ
て確立した近代溶鋼法の展開のもとで、パドル法は存在の意
義を失ったのであった。

参考文献

- 1) 館 充：原燃料からみたわが国製鉄技術の歴史，日本
鉄鋼協会，(1984)，9.
- 2) D.G.Wittner：Chilling Before the Blast，金属鉱山研
究，畠山次郎訳，78 (2000)，12：炉芯冷固，同上，1.
- 3) 小野寺英輝：日本鉱業史研究，42 (2001)，6.
- 4) 吉田国夫：資源・素材学会，2002年企画発表『鉱業史』
B-4，31.
- 5) 杉山輯吉：工学叢誌，6 (1882)，251.
- 6) 桑原政：工学叢誌，11 (1882)，533.
- 7) 黒田泰造：燃料協会誌，11 (1933)，1332.
- 8) 三枝博音，飯田賢一：日本近代製鉄技術史，東洋経済
新報社，(1957)，55.
- 9) 杉山輯吉：工学叢誌，9 (1882)，419.
- 10) 高橋一郎：奥出雲，270 (1997)
- 11) 三枝博音，飯田賢一：上掲書，57.
- 12) 日本鉄鋼史 明治篇，35.
- 13) 野呂景義：鉄と鋼，1 (1915)，1125.
- 14) 服部漸：ibid 2，(1916)，443.
- 15) 三枝博音，飯田賢一：上掲書，65.
- 16) 同上，62.
- 17) 明治工業史 鉄鋼篇，87.
- 18) 三枝博音，飯田賢一：上掲書，58.
- 19) 桑原政：工学叢誌，15 (1883)
- 20) 鉄鋼要覧，日本鉄鋼協会，(1944)，6.

(2003年8月21日受付)