



鉄の歴史 鉄の人物史-8

ヘンリー・ベッセマー

— 転炉法の発明者 —
Bessemer Henry
— An Inventor of Converter —

雀部 晶
Akira Sasabe

立命館大学 経営学部 教授

1 はじめに

ヘンリー・ベッセマー、冶金の関係者であれば、誰もが知っている人物であろう。しかし、歴史上の人物というのは、名前と何をやったのかは認知されていても、歴史上どういう意味をもった仕事の内容なのか、またその歴史的位置づけとなるととくかく忘れられてしまう事が多い。発明・発見の日時も大事であるが、その背景を探り、今日的な課題にどうせまるかが重要なことであり、そこにこそ歴史の重要性を見出すことができるのである。

21世紀を迎えた今、科学・技術の発達を考察すると、誰しもが凄まじい発展をとげてきた事は口にするが、いつの時代にどのように発展してきたのかを問うととまどってしまうのである。とりわけ1970年代以降に誕生した若者達は、生まれた時からみずからの成長と、マイクロエレクトロニクスに代表される発達とが同時並行的に進み、科学・技術の発展が実感できていないのが現実である。

このような若者に正確に歴史を認識してもらうことが重要であるが、若者ばかりでなくその若者達に伝えていく研究者も、自らの専門の歴史を学ぶことによって、現代的な課題に大きな力を付与することができる。

本稿では、熔鋼時代の幕開けの父とも言えるべきヘンリー・ベッセマーに焦点をあてて、彼の業績とその歴史的意義について論じてみることにしよう。

2 おいたち

ヘンリー・ベッセマー (Bessemer, Henry 1813-1898 図1) は、ロンドンから50km程はなれたチャートンで生まれている。彼の父は、なかなかのアイディアマンであり、若いころはフランスに住み、顕微鏡の改良が認められ、パリ造幣局に勤務し、回転謄写機を発明したりし、25才にして

アカデミー会員に任命されるというような人物だった。フランス革命の影響で生活が大きく変わりパリを離れ、イギリスに戻ったのである。ロンドンでの事業も成功し、フランスで無一文にはなったが再度財を成し、ベッセマーが生まれることになるチャートンに移り住んだ。そして、活字の母型を製作する仕事を開始したのである。

ベッセマーは、小学校を卒業するとすぐに父の工場で働きはじめた。働きはじめたというより、父から旋盤を与えられ、思い浮かぶものを片っ端からつくり、物づくりの面白さを知っていくのである。

彼の自叙伝 (An Autobiography, London 1905)⁶⁾ は、死後7年たってからイギリス鉄鋼協会と機械学会の協力で出版されているが、それによれば、彼が住んでいた家は、春はチューリップが、秋には日本の菊がきれいに庭を彩っていたと記されている。イギリスでチューリップや日本の菊というのはおかしい話に聞こえるが、これらの花は、彼の

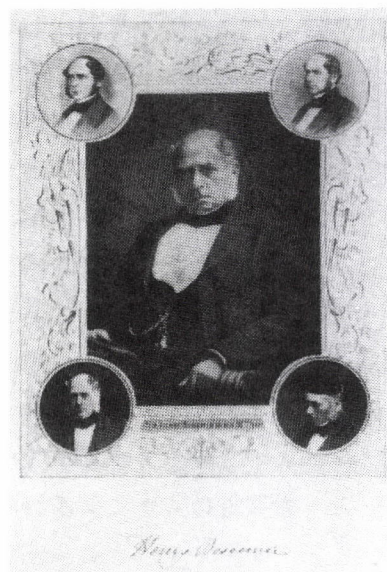


図1 ヘンリー・ベッセマー⁶⁾

父の家系がもともとオランダであったため、チューリップはオランダから、菊ははるばる日本の出島からオランダ船で運ばれてきたものだったのである。

このような環境の中で育ったベッセマーは、父の発明の才を受け継ぎ、少年時代から多くのものを発明している。たとえば、日付の入る郵便用消印スタンプ、針で線画を描く小切手用スタンプ、タイプライター式自動植字機、印紙印刷機などがある。印紙印刷機は非常に精巧につくられ、印紙偽造ができないぐらい精巧なものだったが、その時、彼はまだ20才そこそこで発明に対する対処の仕方が経験不足だったため特許を取得せず、もうけそこなったという。

ベッセマーの発明をみると、彼はものを経済的につくりたり、手間をはぶいてものをつくるという思想をもっていたように思われる。彼が、ブロンズ粉の製法を発明したときの例を見るとそのことが良くわかる。この発明のきっかけとなったのは、一冊の押し花を入れた紙ばさみだったのである。彼の姉が、庭の草花に非常に興味を持っていて、押し花を一冊の紙ばさみにきれいにまとめ上げ、ベッセマーに表紙の表題を得意の装飾文字で書いてほしいと頼んだのである。ベッセマーは、姉のきれいな押し花に色を添えてやろうと、セントジョンの絵の具屋に金粉を買いに出掛けた。その絵の具屋と話をしているうちに、彼は金粉といってもブロンズ粉であることを教えられたのである。ブロンズ粉であるにもかかわらず、なぜ高価なのかには彼は疑問をもった。そこから、徹底的にブロンズ粉の製法について研究を開始したのである。

当時ブロンズ粉は、ニュルンベルグで盛んに製造されており、彼はそこで調査を開始した。ここでの製法は、革の間にブロンズをはさみ、それをたたいてまずブロンズ箔をつくり、それをアラビアゴムと混ぜて石臼でひき、ブロンズ粉にしていたのである。これを見て、ベッセマーはブロンズ粉が高価になるわけを発見した。それは、すべて手仕事で手間ばかりかかり、量もさほど多く出来ないからだ結論づけたのであった。そして、彼はまったく違う製法を考えた。まずブロンズを旋盤にかけて削りくずにしてしまい、それをロール圧延機で固めてから粉にする方法を考え機械化してしまったのである。これで大量に安く、金粉に見えるブロンズ粉を生産して、巨額の富を得た。この財産をもとにして、その後も実験や発明を続けることができるようになったのである。

このようにベッセマーは、なにか「もの」を考えるときには、経済的に生産するためには手仕事を徹底的に減らし、機械を使って連続的に仕事ができるようにすることが必要であると考えたのである。このような考え方が、鋼の製造を機械化した転炉法についての考え方も築いていったの

ではないだろうか。



転炉法への道

転炉を発明する直接のきっかけとなったのは、クリミア戦争であった。1853年10月、トルコはロシアに宣戦を布告し、クリミア戦争が始まった。この時ベッセマーは、40才の誕生日も過ぎ、働き盛りの年代であった。彼は、1854年にこのクリミア戦争の影響を受けて砲術にも関心を向け、施條のない大砲から発砲しても弾丸を回転させることが出来ないものかと考えた。ベッセマーは、弾丸の砲に切り込みを入れて、自分が住んでいたハイゲートの庭で実験したのである。そして、5.5インチの鋳鉄砲を製作して、60ポンドの弾丸を200フィート飛ばすように火薬の量を調節した。さらにこの時に弾丸が回転しているかどうかを確認するために、弾丸中央部の対面に小さな穴をあけ、ここに湿ったあら粉(mealpowder)を入れ、この粉の燃える様子で回転していることを確認したのである。

ベッセマーは、このアイディアをイギリスの陸軍省に提案したとき、陸軍省は「民間技術者を鼻であしらういつもの流儀で」拒否したのである。しかし、1854年11月24日に特許を出願し、特許権だけは獲得している。

そこでベッセマーは、いつでも回転弾を説明できるような模型を作成したのである。内径1.5インチのガラス管の砲身とその内径にぴったりと合う木製の弾丸を作り、その弾丸をガラスの砲身を通過させると、弾効が回転する様子が見えるようにしたのである。それを持ってフランスに出掛けたおり、クリミア戦争に出征するフランスの将校たちも出席する豪華な晩餐会に参加する機会があり、そこでプリンス・ナポレオン(ナポレオン三世のいとこ)と会い、彼の前で実験して見せた。プリンス・ナポレオンは、ベッセマーの着想を賞賛するとともに、皇帝にこの発明を紹介することを約束してくれたのである。その数日後に、チュイレリー宮殿に来るようにとの指示があり、ベッセマーはナポレオン三世に会う機会を得た。ナポレオン三世は話を聞き、さっそくヴィンセンヌの試射場で試すように指示したのである。しかし、ベッセマーはヴィンセンヌの試射場の様子もわからないうえ、自分のロンドンの工場で作ったほうが良いと考え、ロンドンで作った砲弾をフランスに持ってきて実験したい旨を伝え、許しを得た。それだけでなく、輸送などにかかる費用までも都合してくれるというのである。

ベッセマーがロンドンに戻って数日後、ナポレオン三世直筆の手紙が同封されたものが届いた。それは、ロンドンのベリング銀行に対し小切手を発行するように指示するとともに金額すら指定されていないというものだった。すなわ

ち、いくら金がかかろうが構わないということだったのであろう。

そこでベッセマーは、自ら監督をして、フランスの12ポンド滑腔砲にぴたりと合うように、直径4.75インチ、重さ24ポンドと30ポンドの二種類を製作した。さっそく、カレーからフランスに渡れるように特別の通関許可も取得したが、税関では厳重に検査された上、面接尋問も受け、やっとのことで通過を許可されたベッセマーは懐古している。

ヴァンセンヌの試射場には、約100m間隔にうすい板をならべた標的があり、砲弾には黒い塗料がぬられて、回転した跡がつくかどうか分かるようにしてあった。ベッセマーの試射は、どの砲弾もみな見事に標的に命中し成功を収めた。そして、砲弾には螺旋状のひっかき傷が刻まれ、砲弾が回転していることも証明できたのである。ベッセマーは、イギリス陸軍省の独断的な処置が誤りであったことも証明できたと指摘している。

試射が終わり疲れ切った体を引きずりながら宿舎に戻り、おいしいワインで祝杯を上げている時、試射の結果をナポレオンIII世に報告する命を受けているミニエ(ライフル「施條」銃の発明者)が重大な発言をした。それは、『12ポンド滑腔砲で30ポンドの砲弾を発射するのはとても危険だ。こんな重い砲弾を発射するのに耐えられるだけの砲が製作できるだろうか』というものだった。

ベッセマーは、これを聞いてハッとしたようである。自叙伝の中でも「この言葉で、私の関心は、この重く細長い砲弾を安全に発射できる強い砲身をどうやったら製作できるのか、という本来の問題に執着することになったのである」としている。問題は、鋳物のように硬く、そして錬鉄のように粘りがあって脆くないものであり、なおかつ鋳造できるものでなくてはならないということになったのである。ベッセマーの追求が、結局のところ、どうしたらそういう鋳鋼ができるかに向かっていったのは当然のことだったのである。

4 転炉法に向けての実験を開始

ヴァンセンヌで試射が行われたのが、1854年12月22日であった。彼は、ロンドンに戻り、早速実験を開始している。そして、翌年の1月10日付けで「鉄と鋼の製造に関する諸改良」という特許を出しているのである。ヴァンセンヌの試射からわずか3週間しかたっていないのである。この特許は、キューポラか反射炉で溶かしておいた銑鉄の中に、滲炭させた鋼を入れて鋳鋼にするというものであった。しかし、キューポラで作業をすると硫黄が混じって良質の鋼ができず、反射炉で作業する方が良質の鋼を得ることが後にわ

かったのである。以後は、もっぱら反射炉を使って実験をしている。だが、実験炉の容量が小さ過ぎて、5～10トンの大砲をつくれるようにするためには、炉を極端に大きくしなければならず、それとともに強力な送風装置を使って炉内を、高温にする必要がでてきたのである。ところが、この実験の中で実は、転炉法による鋳鋼製造法の特許となる礎が発見されていたのである。反射炉で作業していたとき、炉内が非常に高い温度になっても、湯のふちにある銑鉄が溶けずに残っているのを発見したのである。そこでさらに、これを燃焼させながら火箸を炉の中に差し込み、銑鉄を空気に触れさせたのである。こうして30分位たったあと、炉況を見るとまだ銑鉄が残っていたので、この銑鉄を鉄の棒で湯の中に押し込んだのである。すると、湯の表面にうすい膜ができ、それがなんと脱炭された「鉄」であることを発見したのである。この時、ベッセマーはこれを見て、銑鉄は湯に入る前にすでに脱炭されていたのだと考えた。そうだとすると、銑鉄は大気だけで十分に脱炭させることが可能ということになる。

ベッセマーは早速この方法に従って、実験を開始した(図2)。耐火粘土でルツボと吹管をつくり、吹管から空気と水蒸気を送り込めるようにしたのである。このルツボの中に熔銑を入れ、吹管から風を送って10分位作業を進めると、ルツボの上部から猛烈に熱いガスと火花が飛び散り、送風した空気の酸素が急速に炭素と結合して、脱炭されていくのがわかった。これは、実験の途中でルツボの中から試料を少し汲み出しては、その都度状況を調べていったのであったのである。

ベッセマーは実験を繰り返しながら、改良を加えていった(図3)。たとえば、水蒸気は湯を冷やす原因になるから、

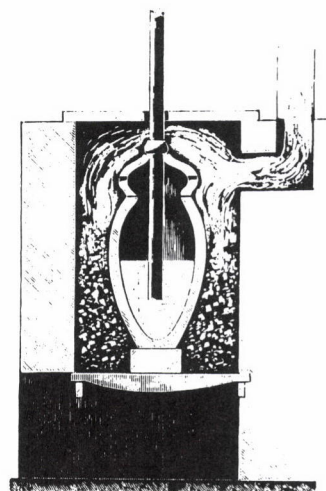
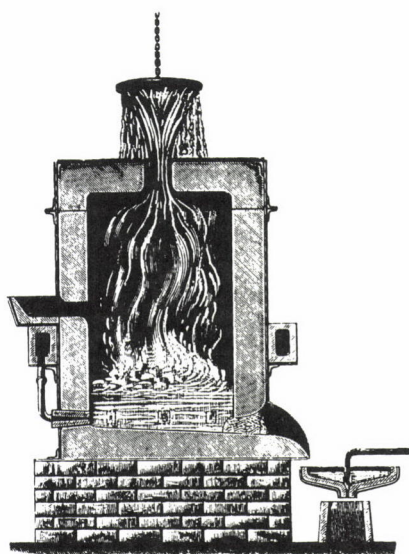


図2 1856年最初のルツボでの実験⁶⁾

図3 改良した実験装置⁶⁾

銑鉄中に多量の炭素が含まれているうちだけ水蒸気を使い、水蒸気中の水素と「鉄」の中の硫黄を結合させることを考えたのである。しばらくして、水蒸気を止め、空気だけを送り込んで温度を上げ、脱炭を促進させるようにしたのである。

この実験を通して、銑鉄から銅にかえるための脱炭作業は、なんら手労働をかけることもなく行われ、木炭、コークスという燃料もまったく必要としないことが確認されたのである。ベッセマーは、こうした鑄鋼製造の方法・装置を Converter (転炉) と名づけ、1855年10月17日に特許を取得した。

ベッセマーのこの特許は、人手も燃料もいらない画期的な製鋼法であるが、残念ながら大量生産をするということは解決できなかった。その解決が、次にせまられたのである。彼は、炉を大きくすると銑鉄の熱が失われ、流動性がなくなってしまうのでは、と考えつつ炉を大きくするための実験を開始した。まず、鑄物職人たちの使っている一度に500kgの銑鉄を熔融できるキューポラを設計し、20馬力のエンジンを持つ送風装置によって、吹管から送風できるようにした。確かに銅はうまくできたが、キューポラは、ルツボと同じように垂直の円筒型をただけのものであり、炉頂に天井もないため、熱が逃げるのと、酸素と炭素が結合する際に起きる爆発で熔銅が炉外に飛び出してしまうという欠陥を露呈したのである。この弱点を克服するために、壺の形をしたフタ付きのルツボを作り、さらに熔銅を楽にとり出せるように炉全体が回転するように設計したのである。上から空気を吹き込む上吹き型、横から吹き込む横吹き型などを実験して、今日の Converter (転炉) の原型が

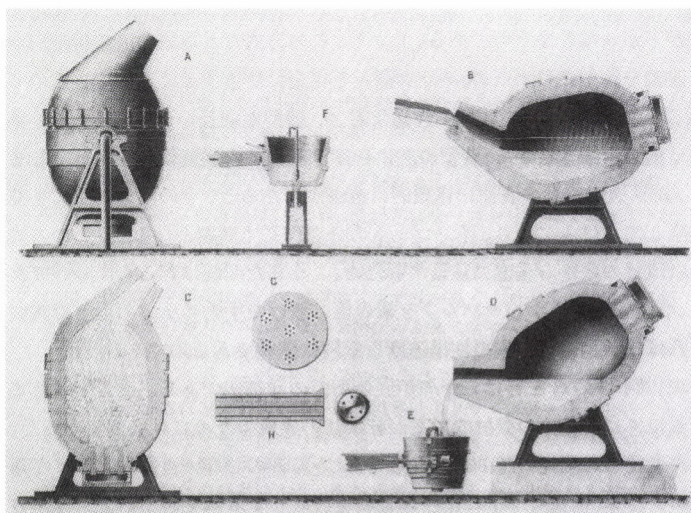
いに完成したのである(図4)。

その後も回転装置に歯車を組み合わせて楽に回転させる方法や、転炉で熔銅を作るだけでなく、転炉で予備精錬だけを行い、それをルツボに入れ、それを反射炉に入れて精錬する方法などを考えたり、そのほかにも数多くの実験を行い特許を取っているのである。

5 苦難から成功へ

ベッセマーは、この新しい製鋼法と炉とを、「火を使用しない方法での鋼の製造」と命名した。これは、彼が1856年8月にチェルトナムで行った有名な講演の演題であった。この講演で、これまでの実験の成果を公表したのである。ハンツマン (Huntsman, Benjamin) のルツボ鑄鋼時代とはまったくちがって、銅の大量生産と鑄鋼が求められていた時代だけに、この講演は大反響をまきおこし、イギリスをはじめとして、ヨーロッパからアメリカまで新聞に報道され、講演の2週間後には注文が入ってくるほどだったのである。そして各地の製鉄所で試験が行われ期待されたが、なんとほとんどの製鉄所でできた銅は、脆くて使いものにならず失敗に終わっているのである。この結果、ベッセマーは一斉に罵倒をあびせられ、特にパッドル法による鍊鉄製造工場の経営者たちからは敵意を剥き出しにして攻撃された。

ベッセマーは、再度この問題の解決のために実験を開始し、こうした失敗の原因を追求していった。すると、失敗の原因は装置が不十分であったり、送風機も弱いものを使ったり、挿入物が少ない状態で行われていたりしたためでもあることがわかった。だが、決定的な事は、銑鉄の質に問題があったのである。銑鉄中に含まれる硫黄と燐の存在に原因があり、そのため一般的に生産されていた銑鉄では、銅にしようとしても脆くて使いものにならなかったの

図4 ベッセマー自筆の転炉装置の図⁶⁾

である。ベッセマーが成功したのは、彼の用いた銑鉄が非常に質が良く、幸運だったためである。そのため、ベッセマーは、硫黄、燐の影響について気がつかなかったのである。

ベッセマーは、1859年、再びロンドンでConverterの優位性について講演し、その中で硫黄と燐の害を除去する方法を示したのである。失敗の原因は硫黄と燐にあったことを明らかにし、吹精だけでは解決出来ないことを表明したのである。そして硫黄の除去については、以前の実験から学んで水蒸気を吹き込めば、水素が硫黄と結合して、硫黄の含有量を減らすことができること、さらに燐については、酸化第一鉄、酸化マンガンと硅酸との化合物の溶液が、燐の含有量を減らすことがわかった旨を発表したのである。さらにその上で、銑鉄の品質にちょっと注意をはらえば、Converterは十分に通用することを訴えたのである。

このロンドンで講演する以前でも、スウェーデンでは木炭銑が使用されていたため、硫黄・燐の含有量の少ない銑鉄を利用して、1858年からConverterの工業化が進められていた。また、ベルギーのリュージュでも、コークス銑を使っても良い結果を得られるという報告がされていたのである。

いずれの問題も解決されていき、1860年代になると、Converter(図5)は、ヨーロッパ全体に広がった。1862年にロンドンで開催された万国博覧会には、Converterで製造した鋼で、カミソリから大砲まで数多くの製品が陳列され、大好評を博して1856年にうけた屈辱をベッセマーは晴らすことができたのである。そして、1871年には、イギリス鉄鋼協会の会長となり、ベッセマー金牌を創設し、1879年にはイギリス王立協会の会員にも任命される名誉を受けたのである。

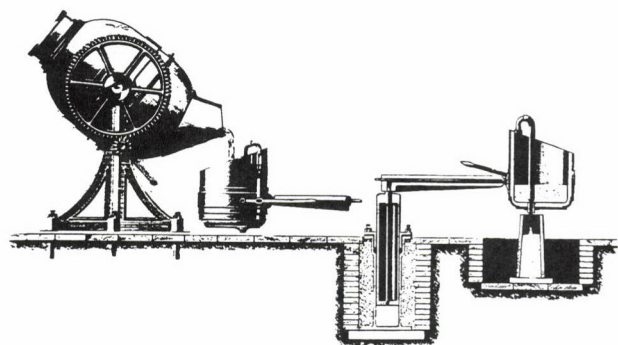


図5 1860年に操業された転炉⁶⁾

6 転炉法の意義

ベッセマーの業績の大きな特徴は何であったのか。それは、ベッセマーが発明した転炉法が、単に鋼の量産化ということだけではなく、操業が連続化できるようになったという特徴をもっていることである。これ以前の18世紀の製鉄技術では、コークス高炉の確立によっていかに「鉄」を量産化するかということだけが問題にされていたのである。18世紀の製鉄技術では、木炭からコークスに変わってコークス高炉が発明され、つづいて蒸気機関を用いた送風装置によって高炉の容積を大きくすることが可能になり、銑鉄の生産量が飛躍的に増大したのである。

ところが、コークス高炉ができたころは、コークス高炉でできた銑鉄から錬鉄をつくることができなかったのである。その当時は、錬鉄を製造するには木炭を燃料として製造した銑鉄しか質的に使えなかったのである。そして、錬鉄も大量に生産することができなかったのである。銑鉄は大量にできても、それに見合うだけの錬鉄製造技術がなく、ここに大きな矛盾を孕むこととなったのである。

この矛盾を解決したのが、18世紀後半に登場した、コート(Cort, Henry)のパドル法の発明である。当時、産業革命の中で錬鉄が大量に要求されたのは、機械制工場の出現により、繊維機械の部品や商業地域の拡大に伴う鉄道用のレール、橋梁などに粘りのある「鉄」製品が必要だったからである。ところが、残念ながら錬鉄はレールには少々やわらか過ぎて、長時間の使用には耐えられなかった。また、パドル法は、反射炉の中で熔解している銑鉄を人間の手によってパドルリング(攪拌)する方法なので、ここでは労働者の肉体的限界に制約されてしまうのである。

錬鉄には、このような弱点があっただけでなく、19世紀になると再び、銑鉄との矛盾が拡大してきたのである。1828年に、ニールソン(Neilson, J.B.)が高炉に熱風送風を行い銑鉄の生産量を一段と飛躍させたのである。

ベッセマーのConverterは、まさにこの矛盾を解決するとともに、人手の必要なパドル法の欠点を手間のかからない経済的な連続装置におきかえたのである。こうした技術的特徴をもつConverterは、産業革命によって成立した産業資本が、1880年代以後独占資本主義へと成長していくのにふさわしい技術的基礎となったのである。

Converterの発明によって、製鉄業の生産体系は、機械制工業に移行し、銑鉄生産から鋼の生産まで一貫した流れを持つ、現代の製鉄技術の礎となったのである。

こうして見ると、ベッセマーがいかに偉大な業績をのこしたかが窺うことができよう。その意味ではベッセマーを、現代製鉄技術の父と言っても過言ではないであろう。

追記

この原稿を書くきっかけをくださったのが、ベッセマー研究に造詣の深い中澤護人先生だった。小生の遅筆から原稿を見ていただくことなく、先生が昨年2月22日に逝去された。ご冥福を祈るばかりである。追悼の意を込めて、先生の著作を中心に参考文献を紹介させていただいた。

参考文献

- 1) 中澤護人：鋼の時代，岩波新書，(1964)

- 2) 中澤護人：鉄のメルヘン，アグネ，(1975)
- 3) 中澤護人：ヨーロッパ鋼の世紀，東洋経済新報社，(1987)
- 4) 中澤護人：栄光のいばらの道，アグネ，(1989)
- 5) ルードヴィヒ・ベック、中沢護人訳：鉄の歴史 第5巻第3分冊，たたら書房(1972)
- 6) Henry Bessemer：An Autobiography，(1905)
- 7) 中澤護人、田川哲哉訳：ベッセマー自叙伝，日鉄技術情報センター，(1999)

(2000年8月3日受付)