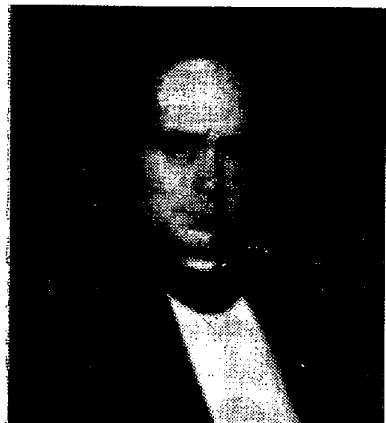


技 術 資 料



近世鉄鋼小史 (I)

ベッセマー法の誕生

中 沢 護 人*

Brief History of Modern Siderurgy (I)

Birth of Bessemerizing Method

Morito Nakazawa

ま え が き

今から100年前、1860年代は、ベッセマー法が全ヨーロッパに勝利の行進をおこない、平炉法とともに古い製鉄法にとつてかわつた製鉄業の変革の時代であつた。現在、1960年代も、製鉄技術の変革の時代となるのではないかとされている。高炉法は、高圧操業、酸素富化、自熔性焼結、水蒸気添加、還元ガス吹込みと大きく変貌をとげ、また電気・酸素による低シャフト炉が日程にのぼつてきている。製鋼法も純酸素上吹法(LD法)が工業化され、カルドー法、ローター法、酸素・水蒸気法、酸素・石灰粉法が登場し、平炉の酸素製鋼とともに、古典的な転炉・平炉法を一変させている。直接製鋼法も、サイクロ法、H・アイアン法そのほか、かつてみない迫力で開発されつつある。真空鑄造法、連続鑄造法の工業化、圧延の連続化の発展、いたるところで変革の様相が濃くなっている。それは製鉄人の変革的意識を高め、そのことは必然的に100年前の変革期に目を向けさせ、この100年間を支配してきた熔鋼法はどのようにして生れてきたのかと問わせ、ヘンリー・ベッセマーたち、当時の巨星と彼らの事業が回顧される世界的風潮を生み出している。そして、多くの人々が、ベッセマーがすでに100年前に今日日程にのぼつてきた技術的問題をかすかに予見していたことに驚ろいている。

たとえば、LD法(純酸素上吹法)の創始者の1人レスナー(K. Rösner)は、1952年のオーストリア鉄鋼協会総会で、LD法を発表するにあたり『ヘンリー・ベッセマーが1856年に空気吹精法を発明したとき、同時に純酸素による鋼の製造をも提唱した』とのべてい

る¹⁰⁾。熱の不足に苦しんだベッセマーが、特許明細書に『酸素を使用すれば温度をあげることができる』と書きこんだのである。酸素をどう製造するかを知っていたのではない。しかし、彼には『不可能』という言葉はなかつたのであろう。また、酸素・水蒸気吹込法の創始者の1人ベルギーのコーエル(P. Coheur)教授は、ベッセマーが空気・水蒸気吹込法を実施し、上吹き、回転、横吹きと現在提起されている炉形のことごとくが、ベッセマーによつてすでに試みられて特許となつていていることを強調している¹²⁾。真空鑄造法についてもそうである。そして、また高圧操業法も例外ではないのである。燐と硫黄に苦しんだベッセマーが『高圧における化学反応』を着想し、転炉に試み、さらに、高炉に試みて特許をとつている¹¹⁾。こうしたことは変革期における爆発的エネルギーの所産として、一般に現われる現象である。とにかくベッセマーは、たんに『昨日の人』というだけではなく、われわれの『明日への戦い』につながっているのである。あるいは製鉄の変革の時代となるかも知れない1960年代を出発するにあたり、ベッセマーの業績を顧み、その後100年を支配してきた熔鋼法がどのようにして生れてきたかをたずねることは、現在の製鉄人にとつて、重要な意義をもっているであろう。

1. あい路となつたパドル法

ベッセマーは1856年8月13日、チェルトナム(Cheltenham)で開かれた大英科学振興協会(British Association for the Advancement of Science)の総会で

* 東京大学生産技術研究所

「燃料なしでの Iron の製造」(The manufacture of iron without fuel) と題する講演をおこなった。始まる前、無関心であつた人々は、聞き終つて、激しいインパクト(衝撃)をうけた。有名なエンジニア、蒸気ハンマーの発明者ジェームス・ネスミス(JAMES NASMYTH)は、ベッセマーの展示した鋼片を手に、演壇から「諸君これこそ、イギリスの真の金塊だ」と叫んだという。それこそは、製鉄界といわず、広く工業界全体が求めていたものだったのである。熔鋼の安価な大量生産法。演説はこの方法が発見されたことを異論の余地のない明確さで告知したのである。それがどんなに強く工業界から求められていたものであるか。まず、その説明から始めることにしたい。

19世紀前半のヨーロッパおよびアメリカの産業の大発展は、鉄の生産高を未曾有の急テンポで上昇させた。銑鉄についてみると、Table 1 のとおりである。

Table 1. 19世紀前半の主要国の銑鉄生産高
(単位 1000 t)

	イギリス	ドイツ	フランス	ベルギー	アメリカ
1806	258	25			24
1823	452	72	161	40	123
1834	900	134	269	85	236
1842	1275	170	399	95	230
1848	1975	215	529	214	726
1854	3069	396	800	300	668
1860	3827	550	898	318	834

(ベック、鉄の歴史の資料より組み立てたもの)

当時の製鉄法は、高炉でできたこの銑鉄を、パドル法とよばれる方法* によつてパドル炉で錬鉄(半熔鉄)に変え(Fig. 1), これを鍛造・圧延して製品にするものであつた。ところが、高炉は、蒸気機関と 30 年代のニールソン(J. B. NEILSON)の熱風の発明を得て、巨大化し機械化する一方なのに、パドル法以下は旧態依然たる作業をつづけていた。ギャップは年々高まるばかりであつた。ベッセマーの演説は、これをつぎのように説明する(または14)。

* パドル法(Puddling process)は Puddling, すなわち、「こねまわす」「かきまわす」「攪拌する」に由来して命名された。パドル炉(反射炉)では、脱炭された鉄を熔融状態に保つ温度が得られなかつたので、労働者が攪拌棒を炉内にさしこんで、かきまわして精錬を促進する。この労働者を Puddler といい、炉を Puddling furnace という。炉床の大きさと精錬する金属の量はパドラーの操作できる範囲に制限される。

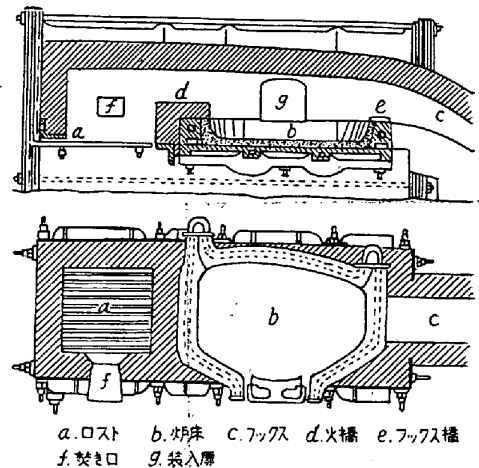


Fig. 1. パドル炉

『製造家たちは、高炉の容積を大きくし、大送風機を使用し、生産費を下げている。大型高炉だと、それと同量の銑鉄を数基の小型高炉で製造するときよりも、必要労働量が少なくてすみ、燃料、送風、修理のコストも減少し、また、製品の均質が確保される。』ところが、その後の製造行程は、鉍石製錬部門であれば利益があると認められている原理にまったく反し、昔ながらの小スケールの作業が、そのままおこなわれている。現在まで、パドル法より良い方法は知られていないがこれだとせいぜい 200 kg ないし 250 kg が一度に作業できる量で、しかも、こんな少量でさえも、30 kg ないし 50 kg の、いくつかの小塊(ルッペ)に分割されて、その一つ一つが人間の手作業でボールに造型され、炉床から取り出されて、急入りの作業で、滓が搾り出されるのである。

製鉄の最初の行程(高炉部門)で、作業が壮大なスケールで行なわれていることを考えるならば、そのあとの製造行程を、これと均り合いのとれたレベルまで持つてゆくことに、そしてそれによつて、産業を長い間しばりつけてきた足かせから解放することに、今まで大した努力がなされなかつたことは、驚ろくべきことである』

後述するように、努力がなされなかつたのではない。パドル法を乗り越え、産業を足かせから解放することが努力されたのだが、ベッセマー法が生れるまで、ついに実を結ぶことができなかったというのが真実である。

ベッセマーのいうような大型化、機械化による安い大量生産法を可鍛鉄の精錬部門に実現する要求は、産業の鉄に対する質的要求をパドル鉄が満たし得なくなつてきたことによつて、一そう強められていたのであつた。

1830年代以来の発展する鉄道はパドル鉄のレールでは

もう満足しなかつた。この軟質の鍊鉄レールは磨耗が早く、強い鋼質のレールが要求されたのである。造船板についても、ボイラーについても、その技術的發展のために、一そう良質の鉄材が必要となつていた。

こうして、精鍊における新方法の発明は、産業界の死活の問題として、それに向つての、必死の努力が展開されてきていたのである。

2. 新精鍊法の探求

新しい精鍊法はどんなものであるべきか。それが、パドル法のような、半熔融状態で銑鉄を精鍊する方法でないことは明らかであつた。熔融状態で精鍊、熔融の脱炭の進行が、熔融状態を保持したままで、終りまでなしとげられる方法の実現でなければならなかつた。第1にそれによつて人間労働による攪拌のオペレーションが不用になり、大型化、機械化が可能になるであろう。第2に、それによつて金属とスラグの自然的分離が可能となり、その後の煩雑なスラグの搾り出し作業が不要となるであろう。第3に、それによつて、鍊鉄のように鉄の内部に硬い部分やスラグが介在することのない、完全に均質な優秀な製品、同時に大型製品の簡単な製造が可能となるであろう。もちろん、このような方向は、当初から明確に意識されたのではなく、製鉄人の努力のなかから一步一步方向づけられていつたのである。

その方向づけは、まず、『鋼の湯』を実現しているルツボ法あるいはルツボ鋼*の重要性の認識から始まつた。ベンジャミン・ハンツマン (BENJAMIN HUNTSMAN) の 1740 年の発明が、可鍛鉄中で融点の低い鋼についてこれを熔融状態にすることに成功して以来、ルツボ鋼は刃物、工具、時計その他の機械部品の小物に使用されてきたが、これを大型重量鋼に適用した場合、いかに質の

優秀性を誇りうるかを異論の余地のない明白さで示したのが、1851年のロンドン第1回世界博覧会におけるアルフレッド・クルップ (ALFRED KRUPP) のルツボ鋼の出品であつた。彼はルツボ鋼から大砲を製作し、大車軸やクランクをつくり、それまでパドル鍊鉄から複雑な工程を経て製造されていた大型の製品をルツボ鋼で製作し、とくに 2 t 150 kg という当時としては、驚ろくべき大きさのルツボ鋼塊は人々を驚歎させ、当時の産業人の最大の榮譽だつた金メダルを獲得した。

「クルップの偉業」といわれたこの事件は、熔融状態の鋼の安価な大量生産法こそは未来を制するものであることを人々に確信させたもので、製鉄人たちのこの方向への努力に拍車をかけさせるきつかけとなり、1850年代には、新しい精鍊法がつぎつぎに登場することとなつた。クルップの成功の一つの原因は、従来、ルツボ鋼の製造原料として、スエーデン棒鉄を何日もかかつて滲炭してつくつた滲炭鋼を使用していたのをやめ、自国のパドル炉で鍊鋼を製造してこれを使用することに成功したところであり、こうして高価な外国原料を安価な国内原料におきかえたところにあつた。しかし、このようなほかの方法で製造した製品をルツボで『再熔解』するだけのこれらの方法はいぜんとして高価であつた。直接にルツボで銑鉄から熔けた鋼をつくることはできないか。

1854年、オーストリアのフランツ・ウハチウス (FRANZ UCHATIUS) は、粒にした銑鉄を鉄鉱石とともにルツボに装入し、かつ熔融滓化を促進するためマンガンを添加して、熔融鋼を製造する方法の特許をとり、注目をあびた²⁾。この『鉱石鋼』(Erzstahl, Ore steel)の方法はイギリスで大規模に工業化されたが、原料の質の要求が厳しかつたことと熱の不足のためにうまくいかなかつ

* 英語で Crucible steel, または Cast steel 独語で Tiegelstahl, または Gussstahl, 一般には Gusstahl (鑄鋼) のほうが広く使用されている。ここで、ベックの「鉄の歴史」²⁾により、昔の鉄についてのいろいろのよび方を説明すればつぎのとおりである。高炉法の出現以来、鉄は Roheisen (銑鉄), Schmiedeeisen (鍛鉄) Stahl (鋼) の三種類に分けられた。Roheisen は Gusseisen (鑄鉄) ともよばれた。鑄物にする鉄というだけでなく、人類が初めて実現できた熔融状態の鉄、鑄造できる鉄という意味で広く Roheisen そのものをよぶのに使用されたのである。Schmiedeeisen は Roheisen を Frischherd (木炭精鍊炉) で、C の低い軟質の半熔鉄に Frischen (精鍊) したもので、棒状にして市販したので、Stabeisen (棒鉄) ともよばれた。Stahl はスエーデンやアルペン地

方の特殊の鉱石産地でのみ製造され、ヨーロッパ全土の刃物やゼンマイなどの需要にこたえ、特別の品種とされた。その後 18 世紀になつて Schmiedeeisen は、1783年の HENRY CORT の発明によつてパドル法によつて製造されるようになり、一般に Schweisseisen (鍊鉄) のほうが広く使用されるようになる。Stahl については、1722 年の RÉAUMUR の論文以来、棒鉄に滲炭した滲炭鋼が出現し、かつ 1740 年に BENJAMIN HUNTSMAN のルツボ法によるルツボ鑄鋼が出現した。銑鉄と異なる Schmiedbares Eisen (可鍛性の鉄) 一般について初めてこれを熔融状態にすることに成功したもので、その意味で Gusseisen に対して Gussstahl とよばれたのである。ベッセマー法の出現以来、転炉、平炉鋼は Gussstahl と區別して Flusstahl (熔鋼) とよばれた。

た。これは今の平炉法における『鉍石・銑鉄法』の方向であるが、そのほかに、平炉法における『屑鉄・銑鉄法』はすでにフランスの偉大な科学者レオミュール (RENÉ-AUTOINE FERCHAULT DE RÉAUMUR) によつて 18 世紀に提唱され、多くの人によつて試みられて来ていたのであつた²⁾。すなわち、ルツボのなかで銑鉄を熔かし、これに鍛鉄 (Schmiedeeisen) を熔かしこんで熔融鋼に変える方法であつた。

ところで、今や製鉄人はこの銑鉄・屑鉄法について、それまでの唯一の熔融鋼の製造法であつたルツボ法を乗り越えて、未知の分野への探検へと進出していつた。すなわち、鉍石法にくらべて精錬のコントロールが容易で、高温度を要しないこの方法を、密閉したルツボでなく、パドル炉のような反射炉のオープンな炉床 (hearth) で直接実施できないかということであつた。もし、これが可能となれば、はじめて、パドル法にかわりうる、熔融鋼の安価な大量生産が可能となることは明らかであつた。何といつても、ルツボ法はその性質上小規模生産の限界を抜け出すことはできない。クルップのように 100 個近くのルツボで同時に再熔解をし、一度に同じ鑄型に流しこんで大型塊を得ることは、一種の技術的離れ技である¹²⁾。こうして、反射炉の炉床で、直接に熔融鋼を製造することに、当時の製鉄人の主要攻撃目標が向けられたのであつた。

成功への重要な一里塚は 1848 年のシェフィールドの優れた発明家ヒース (JOSIAH MARSHALL HEATH) の特許であつた。『キューボラで熔かした熔銑を反射炉に入れ、火焰中の CO に熱風を添加して燃やして高温を得つつ、熔銑に可鍛性の鉄を添加して鋼を得、しかもこれを熔融状態に保つ』というのがこの特許である¹⁾。1850 年代には、この方向がイギリス、フランス、ドイツの製鉄人によつて真剣に試みられたのであり、ここでは詳しくのべないが、とにかく、平炉法の誕生の多彩な前史を繰りひらげたのである。ことに、フランスではナポレオン 3 世の援助のもとにもつとも精力的に試みられたのであり、後年のピエール・マルチン (PIERRE MARTIN) の成功はこのフランス人の長い努力のうえにおこなわれたのであり、けつして偶然ではなかつた。

しかし、当初この方法は失敗を繰り返すだけであつた。第 1 に、反射炉では、火床をひろげ、二次空気を吹込み、さまざまな改良をほどこしても、それでもなお、熔融鋼を製造できるような高温を工業的にうることは無理だつたのであり、それには、後のシーメンス兄弟 (WILHELM AND FRIEDRICH SIEMENS) の蓄熱法の登場

をまたなければならなかつたのである。第 2 に、密閉したルツボのように火焰の酸化作用が遮断された場合と異なり、open な炉床で、酸化性の火焰の影響にさらしながら、熔解と精錬をおこなうことは、困難な問題を提起し、克服に長い経験と知識を必要とした。とにかく、この方向での成功はベッセマー法よりも 10 年もおくれることとなつたのである。

ところで 1850 年代に登場して、工業界の要望についてこたえたのではあるまいかと、広く注目をあびたものにシエノー (ANDRIEN CHENOT) の直接製鋼法があつた。シャフト炉で鉄鉍石を低温で還元し、吸炭の十分でない鋼質の海绵鉄を製造し、これを再熔解して熔融鋼をうるというもので、1855 年のパリ世界博覧会で注目をあび、「世紀の最大の冶金的発見」とまでいわれ、金メダルを獲得した。同年には、フランス、スペインに工場が建設され、実際生産に乗り出したが、当時の冶金学と技術的条件では有利な方法として確立できず、工業化は失敗した。

こうした全般的努力のなかで、パドル法もまた真剣な防衛戦を行い、さまざまな改良を試みたのであるが、ところがそのなかから驚ろくべきもの、パドル法自身をほうむり去るようなものが、発展してゆくことになるのである。その経過を明らかにしよう。パドル法は、それまでのように軟質の鉄だけでなく、錬鋼の製造にも努力したが、特にパドル作業の機械化が当時もつとも注目された。人間の手労働にかわる攪拌機や 1853 年にアメリカで発明された、炉の回転によつて攪拌をおこなうパドル回転炉などがその所産であつた。1854 年 5 月 4 日には、前述のジェームス・ネスミスがパドル炉の熔銑にパイプをさしこみ、水蒸気を吹込み、これによつて攪拌をおこなう特許をとつた。攪拌とともに、水蒸気が分解して、酸素は酸化に、水素は硫黄と結合して脱硫に使われるとされた。イギリスの最高級の工業家であり、エンジニアとして名声の高かつたネスミスの方法は、非常な注目をあび、実際作業化が試みられたが失敗した。しかし、この方法のなかから、後の大発展がおこなわれることとなるのである。それは『空気と水蒸気による精錬』であつた。

もつとも、空気と水蒸気の精錬の効果は、なにも、ネスミスがはじめて取上げたものではなかつた。それは 18 世紀末にラヴオアジエ (Lavoisier) の新燃焼理論が生れて酸化と還元の本質が判明して以来ということが出来る。19 世紀の初め、ドイツのアイフェル (Eifel) 地方で、当時の解放型高炉の湯溜り熔銑に、羽口を下に向け

て空気を吹きつけ、予備精錬する『シュライデン谷法』(Schleidener-Tal-Arbeit) が実施されていたことか指摘されている⁴⁾。また、1795年に『鉄鉄と鍛鉄の相違』という有名な懸賞論文で、フライベルグ鉱山大学のランパディウス教授 (WILHELM AUGUST LAMPADIUS) が、反射炉の熔銑に空気および水蒸気を吹込んで、精錬が促進されたという観察結果を記述している⁴⁾。空気吹込みによるパドル作業の促進は、各国の製鉄所で、さまざまに試みられてきていたのであり、1850年代には、イギリスのエッブ・ヴェール (Ebbw Vale) 製鉄所で大規模作業化が試みられた。しかし、うまくいわずに放棄されたといわれている²⁾。そうしたときに、ネスミスの方法が現われて、多くの製鉄人の眼をこれにひきつけた。その翌年 1855 年には、ヨセフ・マルチエン (YOSEPH MARTIEN) がエッブ・ヴェール製鉄所で、高炉湯道に上下 2 段の暗きよをつくり、中間の隔壁にもうけられた羽口孔をとおして、上段を流した熔銑に下段から空気または水蒸気を吹込んで予備精錬する特許をとった。そのほか、アメリカで、ケンタッキー州のエディスヴィル (Edithville) の製鉄家ウィリアム・ケリー (WILLIAM KELLY) がすでに 40 年代から『空気沸騰法』(Air boiling process) を試みてきていたことも、特記しなければならない。空気精錬を予備精錬に使用したのである。これらの方法は、ベッセマー法の成功以来、大きく取上げられて、特許争ひがおこなわれることになる。

このように、空気・水蒸気の精錬への適用は、ますます製鉄人の注意をひきつけていたのであるが、しかし、彼らの意識のなかで、それは、あくまでパドル法その他に対する補助的、予備的手段だったのであり、この空気吹込法単独で一個の完全な熔鋼製造法が実施できるなどとは、誰も予想しなかつた。すなわち空気を吹込むだけで、熔銑を脱炭して鋼に変え (convert); しかも、反射炉では不可能で、ルツボ法だけで湯にできるほど融点の高い鋼を、ルツボ法ではやれないようなゆとりをもつて白熱の熔融状態に保持できるなどとは、製鉄人は当時まだ誰も考えおよばなかつた。あるいは考えてみた人はあつたかも知れないが、試みてみようなどとした人は誰もなかつた。だからこそ、製鉄界の主要努力は反射炉における熔鋼の製造、後の平炉法に向けられていたのである。こうしたときに、思いがけず、空気精錬法、すなわち転炉法の方で、『われわれはついに新製鋼法を発見したぞ』という、あの『ユーレカ』(発見したぞというアルキメデスの有名な言葉) が発せられた。しかも、発した人は、製鉄界にとつては、いわば「外部の人」であ

るベッセマーだつたのである。チエルトナム演説は、あらゆる意味で製鉄界の衝撃的事件となる要素をそなえていたといえる。では、ベッセマーはどのようにしてこの発明にゆきついたか。

3. ベッセマーの発明

ベッセマーは 1813 年 1 月 19 日にロンドンからすこしはなれたハートフォードシャー (Hertfordshire) のチャルトン (Charlton) 村で生れた。父がそこで活字鑄造所を経営していたのである。小学校を終えると、上級学校へ進まず、父の工場を手助けすることになった。幼時、水車が好きで食事時間をも忘れた彼は、父から精巧な旋盤を買ってもらったり、自分でも便利な機械を考案したり、活字の鑄造法の改良を考えたり、楽しい生活をおくつた。17才のとき、1830年、父がロンドンに工場を移してから、彼の発明は本格的になつていった。彼は最大の『処女利潤』のつかめそうなものを狙つて、つぎつぎにアタックした。最初の大成功は、ニュルンベルグの業者に独占されていた『ブロンズ・パウダー』をその市価を意のままにできるほど安価に製造する方法の発明であつた。これは粉末冶金史上の劃期的発明とされているものであるが、彼は特許をとらず、製造工場を厳秘にすることによつて、ばく大な収益を得、一気に経済的安定を得た。そのほか Society of Arts から賞を得た甘蔗プレス。さらに真の工業化は蓄熱法の F. シーメンズを待たねばならなかつたが、各種原料を粉にして接触面積を大きくすることによる反射炉でのガラスの製造の最初の成功。それに付随したガラス板の連続鑄造。それらがよいよ 40 代に入つて転炉法に突入するまでの彼の多彩な活動の一端であつた。すでに冶金上の合金、熔解および装置などについてさまざまな実地の経験がつまれていた。そして、経済的にも余裕ができ、活動力も最高潮に達したベッセマーが転炉法という、全力を打込んで悔いることのない仕事に立向うことになるのである。

1854 年、41 才のベッセマーは、クリミア戦争に刺激されて、回転砲弾を発明した。旋条砲の一般化していない当時の砲術上の条件のもとで、砲弾にミゾをつくり、爆発ガスの一部がそのミゾを通つて外部へ抜けようとする力を利用して砲弾に回転をあたえ、こうして射程をのばし命中率を高めようとしたのである (Fig. 2)。軍部に相手にされなかつたので、砲術の權威を自称していたフランスの皇帝ナポレオン 3 世に目をつけて、ドーヴァ海峡を渡つた。予定通り皇帝は興味をもち、1854 年 12 月 22 日、ヴァンサンヌの森 (Vincennes) で試射会が

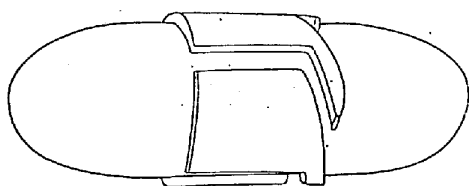


Fig. 2. ベッセマーが回転砲弾の原理を人に理解させるためにつくった模型 (これをナポレオン3世にみせた)

おこなわれた。好成績をおさめたが、そのとき、士官キャプテン・ミニエ (CAPTAIN MINIÉ) が『このような重い砲弾に耐える砲身が必要だ』といった。彼は即座に決心した。『錬鉄または鋼に比較できる性質をもち、しかも流動状態で鑄型に鑄込むことのできる金属』(a metal having characteristics comparable with those of wrought iron or steel, and yet capable of being run into a mould or ingot in a fluid condition) を製造しようとした。

ベッセマーは鉄の新製造法の発明に進むことになった。そして、1カ月後の1855年1月10日の特許 (No. 66) を出発点として、エネルギーな努力がつづけられたのであった。この特許で、ベッセマーは、滲炭鋼を反射炉で再熔解して鑄鋼 (cast steel) を製造することを試みている。明らかに、ルツボ炉で再熔解する従来の方法より安価に大量に『鑄鋼』を製造することが意図されたのである。さらに進んで、彼は、この反射炉で、銑鉄を溶かして、この熔銑に鍛鉄屑を溶かし込んで『鑄鋼』を製造することを提案している。これこそ、前述の平炉法の銑鉄・屑鉄法の方であった。そして、彼は、自伝のなかで『自分はマルチン氏よりも10年前に、平炉法へもう一步というところまでいつた』とのべている。しかし、それは、彼の過大評価というべきであろう。この熔解精錬に必要な高い温度をうることは、蓄熱法を待つて初めて可能となるのである。ベッセマーは、炉床に対するロストの面積を拡大したり、強制送風を試みたり、炉床の雰囲気へ空気を吹込んだり、さまざまな試みをした後、同年6月18日の特許 (No. 1384) では、反射炉を棄てて、ルツボ炉法に戻っている。すなわち、前述のクルップ的な大量生産方式のルツボ炉法を考案し、ルツボ熔解で屑鉄・銑鉄法をおこない、安価大量に『鑄鋼』を製造することを試みている。

こうした努力のなかから、革命的な空気精錬法 (転炉法) が浮び上っていった。ベッセマー法誕生告知の特許とされている同年10月17日の特許 (No. 2321) で、初めて、まわりをコークス加熱したルツボのなかの熔銑に、耐火性のパイプを突込み、これを通して、熔銑に空

気または水蒸気を吹込んで、熔銑を流動状態のまま可鍛鉄に変え (convert), これを鑄型に鑄込む方法がのべられたのである (Fig. 3)。ベッセマーがこの『方向転換』に、どのようにして、導かれていったのか、かならずしも、まだ明らかにされていない。彼の自伝のなかでは、反射炉の実験中、空気の脱炭作用を示唆する現象に出合つて、強い印象をうけ、それで反射炉を放棄して、ルツボで空気

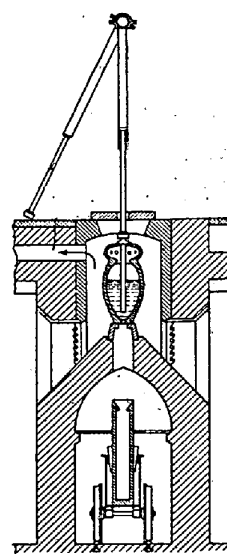


Fig. 3. 1855年10月17日の特許説明書による吹精ルツボ炉

換したのだと語っている。そうしたことが確かにあつたのであろう。しかし、それだけですべてが明らかになつたということとはできない。何故、そうした『強い印象』を彼が受けたのか。彼の天才的直観によつてか？何故、思い切つた大転換をやる勇気が出てきたのか？彼の大胆さによつてか？それだけではあるまい。それを説明するためには、さらに別の要因が必要である。空気吹込み法が、すでに上述のように、製鉄界であれこれと試みられながら一步一步前進してきていたからこそ、そして、ベッセマーがそのことを知っていたからこそ、このような『強い印象』も『方向転換の勇気』も可能となつたのである。ことに、前述の1年前のネスミスの水蒸気吹込法が強い誘因となつていたと考えるべきである。この高名の技術者の試みは広く世間の注目をあび、ベッセマーもまた、当然これにひきつけられたと考えるのが自然である。こうした関連性は、この10月17日の特許明細書のつぎのベッセマー自身の記述から明らかである³⁾。

『私の発明の性質と範囲を正しく理解できるようにし、それが、どのように、これまで鉄と鋼の製造に利用されてきた、あるいは利用を提案されたほかの方法と異なるかを明らかにするために、私はつぎのことを確認したい。第1に、私の方法では、パドル炉も、“puddling” とよばれている方法も使われないのであり、また鉄が炉のなかで凝固し、ルツボにつくられ炉から取出されるのではなく、私の方法では、炉のなかで、プロセスの全期間にわたつて鉄が熔融状態を保ちそれから適当な鑄型に鑄込まれるのである。第2に、今までも、すでに、空気および水蒸気は、種々の方法

で鉄と鋼の生産に利用されてきたし、また、最近では“finery” (予備精錬) または“running out furnace” を節約するために、熔銑が高炉から出て湯道を流れるときに、あるいは、finery furnace (これが使用されるなら) を出るときに、熔銑に空気、水蒸気または水を強制圧入することが提案されている。しかし、いずれの場合にも、あとで、普通の方法で、反射炉またはパドル炉においてパドルリング法を実施するための予備精錬に利用することが提案されているにすぎない。第3に、反射炉またはパドル炉にある鉄のなかに、あるいはその表面に水蒸気を吹込み、または圧入することは、すでに提案され実施されてきたことであるが、しかし、この場合には、パドル法の1部分をなし、これを助けるためのものであり、この水蒸気吹込みでは、金属の流動性が、ここで説明する私の方法のように、プロセスの全体にわたって保持されるのではない』

明らかに、この第2にのべられた高炉湯道での空気・水蒸気吹込法は前述のマルチエンの方法である。このことから、ベッセマーはマルチエンの方法を知つて、これを発展させたのだという『ひようせつ者呼ばわり』の非難が生れたのである。ベッセマーは憤然と、マルチエンの特許などは露知らなかつたと応酬しているのであるが、それはともかくとして、マルチエンの特許はベッセマーの特許のわずか1カ月前の9月15日にすぎぬのであつて、マルチエンの方法を知つて、それから実験を開始して、10月17日の特許明細書に克明詳細に記述されたような、具体的で正確な、しかも複雑な内容をもつ空気精錬法 (転炉法) が仕上げられるなどということは、とうてい考えられないことであつて、やはり、ベッセマーの方法は彼自身の追及のなかから自然必然的に生れてきたものである。しかし、第3にのべられたネスミス of 1年前のパドル炉における水蒸気吹込法は、ベッセマーを転炉法に導いた上で大きな役割をはたしたことは容易に想像されるのである。

さて、しかし、重要なのは、彼がこれらの方法と自分の方法とをキッパリと区別していることであり、彼が自分の方法の革命的性格を明確に把握したところに彼の発明の偉大さがある。すなわち、湯道法は予備精錬の方法にすぎず、パドル法での水蒸気吹込法は製品を熔融状態で得ることが目的とされていない。これに反して、自分の方法は外部からの追加加熱を必要としながらも、ともかく、熔銑を完全に精錬して熔鋼に変え (convert), 熔融状態で鋳型に注ぐのである、と主張されているのであ

る。この主張は、まったく正当なものであつた。問題はベッセマーが一度擱んだ空気の精錬作用を不屈に押し進めていつたことにあつたのであり、そこから、一個の新しい製鋼法が初めて誕生することができたのである。

ところで、こうして空気精錬法に向つたベッセマー

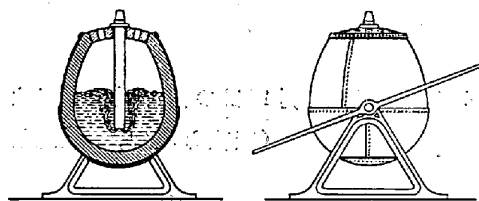


Fig. 4. 1855年12月7日の特許説明書による
予備精錬のための回転式の炉

が、これをどのように押し進めていつたかを見ることにしよう。2カ月後の12月7日の特許 (No. 2768) では銑鉄の予備精錬炉として、上吹き回転炉 (Fig. 4) が考案されたのであつた。同時に、200 kg ないし 300 kg の熔銑を完全に熔鋼に変えるための、外部コークス加熱の大型のルツボ吹精炉が組立てられた (Fig. 5)。これで判るとおり、まだ、完全な熔鋼製造法としては、いぜんとして外部加熱が必要だと考えられている。ところが、それから2カ月後の1856年2月12日の特許 (No.

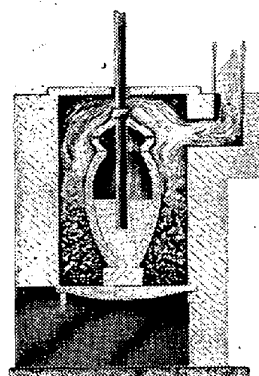


Fig. 5. 1855年12月7日の特許の説明書による
装入量200~300 kg を完全精錬するための吹精ルツボ炉

356) では、ついに、周囲からの加熱なしで、空気吹込みだけで完全な脱炭をおこない、しかも、熔鋼を熔融状態に保持することができる、と確信するにいたつてゐる。この特許の主要クレームには、つぎのように書かれているのである。

The conversion of molten iron or of remelted pig iron into steel or into malleable iron, without the use of fuel for reheating or continuing to heat the crude molten metal, such conversion being effected by forcing into and among the particles of a mass of molten iron a current air, oxygen, or gaseous matter containing or capable of evolving sufficient oxygen to keep up the combustion of the carbon contained in the iron until the conversion is accomplished.

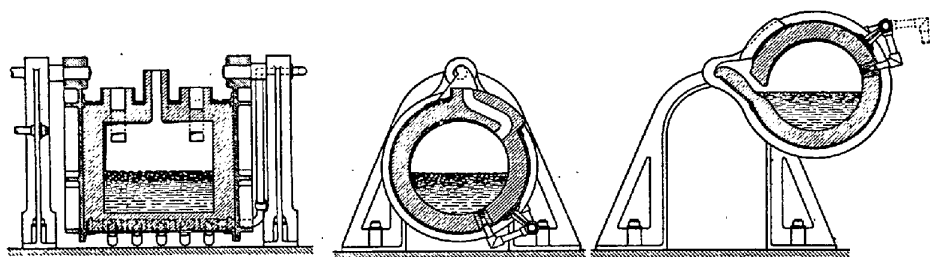


Fig. 6. 1856年2月12日の特許説明書による水平軸円筒型転炉
(底吹き羽口, 傾注式)

それと同時に、この特許で、現在の底吹き転炉の炉形と吹込羽口構造の原型が、はつきり打出されたのであつた(Fig. 6) について、送風効果をあげるために、固定式転炉 (Fig. 7) が考案され、さらに、1856年5月31日の特許 (No. 1292) では上部に予熱室をもち、廃熱を利用する構造 (Fig. 8) が考案されている。

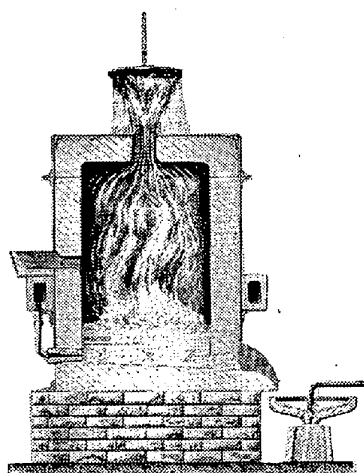


Fig. 7. 固定式転炉

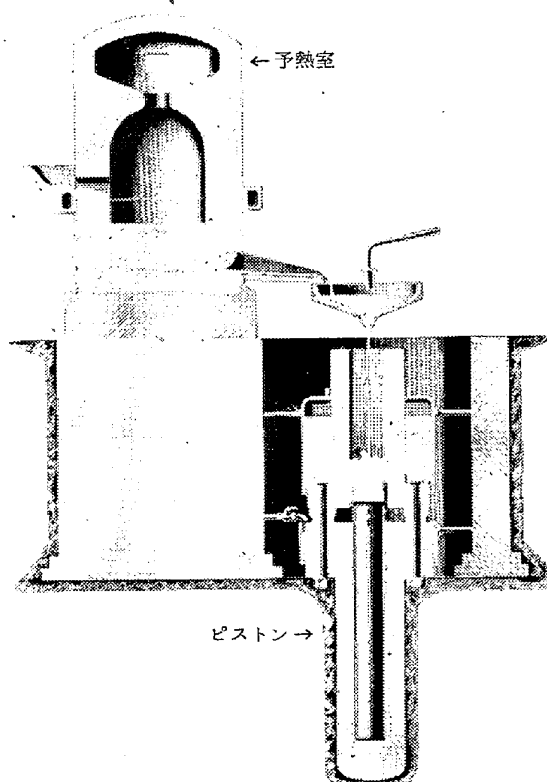


Fig. 8. 1856年5月31日の特許説明書による予熱室のついた固定式転炉とピストン押し上げ式鋳型

ベッセマーは、これらの設備で半工業的な試験をおこない、完全にベッセマー法の工業化に確信を持つにいたつたのであつた。

ベッセマーが鉄の製造に入ってから、まだ2年とはたつていなかった。その間、反射炉をつくり、こわし、ルツボをつくりこわし、転炉をつくりこわし、くりかえし鉄をかたま

らせ、失敗し、そのなかで、しつかり鉄の知識を積み重ね、冶金界にとって新しい現象である空気精錬法の反応過程を冶金学的に大綱において正確に記述する優れたメタラジストに成長していった。そのことは偉大である。だが、彼が自分の方法が工業界におよぼす革命的影響をも、すでにはつきり洞察していたことも驚ろくべきことである。発明の出発点であつた大砲の製造は、もうはるか彼方へかすんでしまつたのである。当時の模様を自伝で彼はこう語っている。

『転炉内で脱炭が完全に終つたことが、火焰の変化によつて確認された。湯出しがおこなわれ、白熱の可鍛鉄の流れが転炉から出てきたとき、輝きが強すぎて見ていられなかつた。この湯が並んでいるインゴットケースに流しこまれた(Fig. 8 参照)。やがて、インゴットを鋳型から上に押し出すピストンに圧力がかけられ、インゴットは完全に鋳型から姿を現わした。真赤な鋼塊が鋳型からゆつくり押しあげられてきたのをみた私の感情、人類が初めてみた可鍛鉄の大きなプリズムを目にしたときの私の感情は、言葉で表現することができないほどのものであつた。たつた1個のこのプリズムは、2人のパドラー (攪拌作業員) が骨を折つて、多量の燃料を使つて、何時間も作業して製造される量と同じ量なのである。世界のすべての製鉄地に、今や完全な革命がひきおこされようとしているのだ。見じろぎもしないで、押し上げられてゆくインゴットを凝視しつつ、そのことが、頭のなかに、はつきりと浮んできたのであつた』

高炉で製造された熔銑が転炉・平炉で製鋼されて熔鋼になり、これが造塊場でインゴットとなり、圧延工場で圧延されるという高炉法と熔鋼法と圧延法を基軸とする近代製鉄所の方式が、ここにはつきりとその片鱗をみせたのである。

ベッセマーは自分の方法に確信があつたが、「愚者の楽園」であることを好まず、専門家の意見をききたいと思つた。大英科学協会の機械部長 (President of mechanical section) のジョージ・レンニー (GEORGE

LENNIE) に頼んだり。レンニーは求めに応じて、実際の作業をみて驚歎し、強く発表をすすめた。こうして、チェルトナム演説となり、ベッセマーの方法は世に問われた。

4. ベッセマー法の困難

チェルトナム演説は前述のように大成功であつた。製鉄業者で実施を希望するものが多く出た。ベッセマーは5会社に特許の実施権をあたえ、これらの工場で設備をつくり、試験がおこなわれた。ところが、ベッセマーの予想もしなかつたことが起きた。どの試験もみな失敗だったのである。あるいは吹精そのものがうまくいかず、あるいはできた鋼が使いものにならぬ劣悪な質の製品であつた。その後も、各所で試験がおこなわれたが、大むねは否定的な成果しか出てこなかつた。こうして、ベッセマー法に激しい非難が集中した²⁾。

『ベッセマー法では、脆い鉄しか製造できず、その価値は使用された銑鉄とあまり変らない』(Mining Journal 主筆 DAVID HEARNE)

『この脱炭された製品は鋼としての商品価値がゼロである。脱炭された銑鉄ではあるが、鋼ではない』(シェフィールドの有名な製鋼家 SAUNDERSON)

『ベッセマー法の焼減りは、ベッセマー氏のいうように 12.5% ではなく、40% にも達する』(フランスの冶金家 PION)

『鉄中の炭素が燃えて発生する熱量は、金属を熔融状態に保つのに十分でなく、鉄の燃焼によつて、それだけの熱量が発生するものと思われる。』(ドイツの冶金家 F. BÄDECKER)

みじめな失敗。そして冶金の権威者たちの否定的発言。そのために『ベッセマー法はだめだ』という意見が支配的になつた。製鉄業者は、もう手を出そうとしなかつた。ある新聞記者は『良識ある人が一瞬たりとも受入れることのできない無茶な狂信者の夢』と評したという。ベッセマーは『呆然としてしまつた』と書いている。しかし、ベッセマーは屈しなかつた。彼は、自分の実験工場に立てこもつて、今まで以上の努力をつづけることになつた。彼は当時の心境をつぎのようにのべている。『何をいつても空言に終るであろう。必要なのは行為であつて、言葉ではないと自分は考えた』。彼は事態の全体をもう一度、徹底的に再検討することを決意したのである。しかし、すぐに摺めるようなものではなかつた。

では、なぜ、このような失敗がおこつたのであろう

か。このような非難は正当だつたのであろうか。そこには設備の完全廃棄の危険のあるパドル業者の『巻きかえし』があり²⁾、また専門家たちの『独善性』もあつたであろうが、しかし、非難には多くの正当な理由があつたのである。ベッセマー法には、まだ克服されない未知のものが蔵されていた。要するに、パドル法で使われるすべての銑鉄から、ベッセマー法で良質の鋼を製造することはできなかつたのである。

第1に、ベッセマー法の重要な熱源として、珪素とマンガンの含有量が、精錬を円滑にやるために大きな役割をはたすものであることが指摘されなければならない。こうした有利な熱源があれば、炭素の燃焼熱と合せて、人が予想したより遙るかに高い熱量を発生し、脱炭された鋼を熔融状態におくことができる。このことはフィラデルフィアのシンツ(C. SCHINZ)がこの方法の擁護のためにやつた理論計算で十分に証明されたが²⁾、たとえば珪素の低い銑鉄を空気精錬しようとする、熱不足となり円滑に吹精ができないのである。その上、必要熱源と送風量および送風速度との正しい関係をつくりあげるとは、当時の条件では試行錯誤による長い経験によつてのみ可能な困難な課題であつた。

第2に、これが当時、もつとも劇的に表面化したのであるが、燐と硫黄がベッセマー法の大敵であつた。『人は最初の実験の失敗を金属の燃焼、スラグの欠如、製品の結晶構造のせいにした。しかし、これは正しくなかつた。唯一の真の困難は吹精によつて除去されない硫黄と燐であつた』(1859年5月10日および17日の Inst. of Civil Engineers でのベッセマーの演説)。燐についてみよう。パドル法では燐は除去できた。ところが熔鋼法ではとれなかつたのである。パドル法では鉄分の高いスラグで低温で精錬することによつて最高 85% も脱燐できるのである²⁾。だが、ベッセマー法では完全に熔鋼に入つてしまう。だから、パドル法で良質の銑鉄になる銑鉄でも、転炉法では良質の鋼にできない。また燐の害は炭素含有量が高いほど大きいので、低炭素の銑鉄より高炭素のベッセマー鋼のほうが燐の害がより表面化する²⁾。そして、硫黄については、ベッセマーは転炉法で大いに硫黄が除去できるとのべたが、じつは、まったく除去できない。しかも熔鋼の場合には、造塊のときに、硫黄は局部的に中心部に集まつて析出して鋼質を不純にしてしまう。燐は鋼に冷間脆性をあたえ、硫黄は鋼に熱間脆性をあたえる。こうして、燐と硫黄を含有する銑鉄からは、使いものにならぬ鋼しか製造できないのである。このことが初め摺まれなかつた。硫黄については、

高炉の高塩基高温操業で低硫黄鉄をつくることで解決できるが、燐については低温精錬の鍊鉄時代とはまったく異なる角度から斗いを組織していかなければならなかつた。高温精錬の熔鋼法が燐を克服するのは、後述のようにはるか後で、それまでは、どうしてもベッセマー法は燐に対しては回避作戦をとるよりほかなかつた。すなわち低燐鉍石しか使用できなかつたのである。

第3. しかし、それだけではなかつた。熔鋼は含有ガス、ことに当時においては、まず、酸素の含有の問題を新しく冶金家たちに提起した。高温の熔鋼中に酸化第一鉄の形で酸素が熔けこむ。製出鋼のなかにある酸素は、鋼の時効を促進し、冷間脆性を助長し、熱間脆性の原因となる。それで、熔鋼法では、製鋼過程の終りに、スピーゲルアイゼンその他の脱酸剤の添加による脱酸が必要だつたのである。後述のスエーデンでの成功のように、鉄に多量にマンガンが含有されていれば、脱酸剤の添加なしですませられるが¹¹⁾、そうでないと、絶対に必要である。さらに、もう一つの問題がある。パドル法に対する熔鋼法のまったく新しい作業分野である造塊作業、すなわちインゴットの製造で新しい問題が提起されたのである。良製品を得るためには、収縮孔、不均一性、諸元素の析出、気泡、薄膜のような複雑な問題を解決してゆかなければならなかつたのである。

生れたばかりのベッセマー法は、このような困難にぶつかり、これらに気付かなかつたので、みじめな失敗をした。それらを一つ一つ、あるいは全体的に解決してゆかなければならなかつた。しかし、それはけつして、ベッセマー個人の力で解決できるような問題ではなかつた。イギリスはじめ全ヨーロッパの多くの製鉄人の共同の努力で解決できたのである。なかでも、それにもつとも功績のあつたのは、スエーデンの製鉄家گرانソンと同国の冶金技術者たちであろう。したがって、まず、彼らからはじめよう。

5. スエーデンにおける工業化の成功

G. F. グランソン (GÖRAN FREDRIK GÖRANSON, 1819—1900) は、ダニエル・エルフストランド会社 (Daniel Elfstrand & Co. in Gefle) の経営者であつた。同社はエドスケン (Edsken) に高炉工場をもつていた。チュルトナム演説後、ベッセマー法に興味をもつたグランソンは、これをエドスケンに導入しようと計画した。準備的試験の後、1857年5月、イギリスに渡り、水平軸円筒型の転炉 (約1 t) 2基 (Fig. 6 参照)、送風機、ボイラーを買つて、スエーデンに送らせた。特許

と設備に同社の年産する鍊鉄の価格総額と同じ金を投じたという。社運を賭した並々ならぬ決意だつたのである。

1857年11月3日作業を開始した。原料は木炭鉄である。製品はイギリスのルツボ鑄鋼に劣らぬとされた。しかし、円滑な作業は、どうしても確立することができず苦しい日がつづいた。その上、12月1日には、恐慌のために会社は破産してしまつた。ともかくも、ベッセマー作業をつづけることを破産管財人から許されたが、گرانソンは、この苦境を打開するために、イエルンコントレット (Jernkontret, スエーデン鉄鋼連盟) に援助を願出た。連盟の幹部トロイリアス (C. O. TROILLIUS) とマルムキスト (P. D. MALMQUIST) の2人が熔解試験に立会つた結果、好意ある報告を連盟におこない、連盟は資金援助をすることとなつた。同時に、優秀な冶金家アンドレアス・グリル (ANDREAS GRILL) 他1名を技術指導者として派遣することとなり、うち1人が常駐することになつた。援軍を得て、勇気を取り戻したگرانソンは、翌年2月高炉の修理を機に大改造をおこない、今までの操縦困難な転炉を放棄して、新に、Fig. 7にみられるようなベッセマーの固定式転炉に工夫を加えて建設し、3月4日に、第2次操業を開始した。いぜんとして、好転しなかつた。しかし、こうした過程で、彼らは一步一步解決へ近付いていつたのである。すでに、グリルたちの努力によつて、熱間脆性および冷間脆性をあたえる鉍石は、高炉装入物から除外する措置がとられた。すなわち、燐に対する積極的対策がおこなわれたのである。また、初めは、マンガン含有量の少ない鉍石を使用していたが、3月の第2次操業からは、多量のマンガンを含有するダネモラ (Dannemola) 鉍石を使用し出して、成績がよくなることも突きとめたのである。それでも、決定的に順調な作業を確立することができなかつた。まだ、何かが欠けていたのである。そして、それが送風量だつたのである。

すでに1月ごろからの作業で、羽口が消耗して送風量が増加すると、精錬過程が好調におこなわれることが観察されていた。やがて、この関連がはつきりと意識されるにいたり、7月に入つてついに羽口の構造を大改良し、送風断面を思い切つて拡大し送風量を増し、精錬時間を短縮して作業することに決定、羽口構造の改造がおこなわれた (Fig. 9)。その結果、作業の過程は今までとまったく異なり、送風時間は今までの25分から10分に短縮され、驚ろくほど理想的に精錬経過がおこなわれた。گرانソンは、当時を回想して、つぎのようにい

っている。

『結果は驚ろくべきものであった。熔鋼の温度はいちじるしく上昇し、スラグはきれいに分離しインゴットは硬さも文句なく、スラグが混在せず、今までのどの方法で

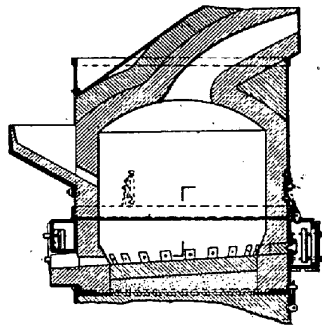


Fig. 9. スエーデンのゲランソンの転炉

つくつたものよりも、鍛造性が良好であった。この新羽口構造での最初の熔解のおこなわれた 1858 年 7 月 18 日にベッセマー法が初めて実際作業に入つたといふことができる』

それからは、作業は順調で、生産 t 数もあがつた (Fig. 10). 1858 年 9 月、ゲランソンは、その製出鋼をもつてイギリスにゆき、10 月 2 日にベッセマーとゲランソンの立会いのもとで機械試験がおこなわれた。立派な成績であつた。

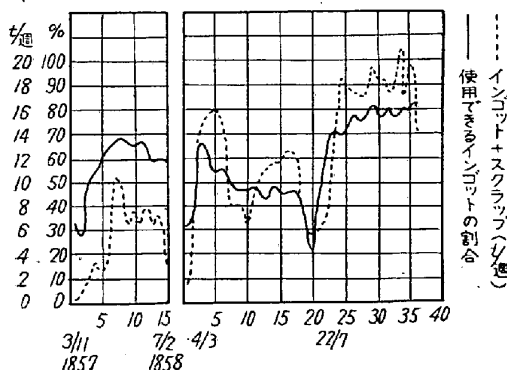


Fig. 10. スエーデンエドスケンにおける1857年11月3日より1858年10月31日までの鋼の週生産高

以上で判るとおり、スエーデンにおける成功には、トロイリアスやグリルのような優れた冶金家の関与が大きく寄与しているのであり、彼らの力で、低磷低硫の重要性、マンガン含有量の重要性、適当な羽口断面と送風量などが作業的に見出されたのである。ベッセマーが技術援助のために派遣したレフラー (J. LEFFLER) は無能としてゲランソンたちの信を失つていた。事業家のゲランソンと技術者グリルたちの創造的協力、これをつくり出した鉄鋼連盟 (イエレンコントレト) の支持こそが、このような成功を生み出す大きな力であつたのである。それはともかく、ベッセマーは、この成功に深い印象をあたえられた。彼は、すぐにゲランソンから 100 t のスエーデン木炭鉄を買つた⁷⁾。そして、シェフィールドにベッセマー工場を建設し、スエーデンの木炭鉄を原料にベッセマー鋼の製造を開始した。はじめは、いぜんとして

頑強な否定にぶつつかつたが、製品の質と安価は、何ものもこれを阻止できず、しだいに販路は拡大していつた。

こうして、スエーデンでの工業化の成功は、ベッセマー法によつて、チェルトナム演説につぐ第2の割期となつたのである。しかし、ベッセマー法の前には、まだ大きな重要な課題があつた。それはスエーデンと異なり、イギリスはじめ、大陸の、すでにコークス高炉に移行していた国々で、コークス鉄にベッセマー法を適用する道を発見することであつた。イギリスは、自己の原料事情に適した独自の道を築きあげなければならなかつたのである。

6. 脱酸剤の使用

鉍石の質、とくに磷と硫黄が大きな因子であることがスエーデンでの成功で判つた。ベッセマーが実験段階で成功し得たのも偶然に低磷低硫のブレナヴォンの木炭ねずみ鉄を使用したからであつた。スエーデンの成功よりもまえに、すでにベッセマーは、原因をつきとめるために、化学の有名なヘンリー博士 (Dr. HENRY) に分析を頼み、エドワード・リレー (EDWARD RILEY) や高名な冶金学者パーシー博士 (Dr. PERCY) らの研究で、磷と硫黄の害をつきとめていつていたが⁷⁾、何といつてもこれを異論の余地のない明白さで示したのは、スエーデンのベッセマー鋼の成功であつた。

まず、磷。ベッセマーは、磷の少い鉍石を探した。そして、カンバーランド (Cumberland) のヘマタイトこそ理想の鉍石であることをつきとめた。後には、スペインのビルバオ (Bilbao) 鉍石が加わるが、この両鉍石はならんで、ベッセマー法の発展の重要な原料資源となるのである。その他にも、クリーターモア (Cleator moor) フォレスト・オブ・ディーン (Forrest of Dean) の鉍石のように、ベッセマー法で利用できる鉍石が国内に存在することが判つた。

つぎに硫黄。硫黄は熱源としての珪素およびマンガンの問題とからみ合つていた。スエーデンの木炭鉄では、燃料が木炭であるゆえに、硫黄含有量はすくないがまた珪素もあまり高くはない。それで、高いマンガン含有量が後述のような自己脱酸の機能をはたすとともに、熱源を補足することになつたのであるが、イギリスのコークス鉄のときは、これと異なつていた。イギリスのコークス高炉では、高炉操業を高温高塩基にもつてゆけば珪素含有量を高くし、硫黄を低下させる方向にコントロールできる。しかも、ベッセマー法で珪素が重要な熱源

であることが明らかにされてきた。それで、高炉操業を一そう高温高塩基操業へもつていつて高珪素、低硫黄の銑鉄を製造し、これがベッセマー工場とタイアップすることによつて硫黄の問題に対処することができた。

最後に、イギリスにおいて自国の原料事情に適したベッセマー法の操業方式を確立する上で、もつとも大きな役割をはたしたのが、脱酸剤としてのスピーゲルアイゼンの使用であつた。スエーデンでの成功には、マンガンの高いダネモラ鉱石を使い、銑鉄に高いマンガンを含ませたことが寄与していた。約 3% におよぶこのマンガンが精錬過程で第一酸化鉄の鋼中への含有を阻止し、特別の脱酸の必要をなくしていたのであつた。そのことによつて、炭素が所定量まで下つたときに、送風を中止して所定の製品をうることができた。ところが、イギリスでは、このようなマンガン含有量の高い銑鉄を製造することは困難であつた。この場合は、精錬が終つたあとで脱酸剤を添加して脱酸をおこなうことが絶対に必要であつた。

ところで、ベッセマー法における脱酸の必要をチュルトナム演説後すぐに見抜いた冶金家がいた。鋼質の改良で活動していた、そして後に、合金鋼の分野で偉大な足跡を残したロバート・マシエット (ROBERT MUSHET) であつた。演説後 1 カ月もたたない 1856 年 9 月 22 日 (No. 2220) に、製出鋼にスピーゲルアイゼン (Spiegel-eisen) を添加する方法の特許をとつた。マシエットの例示によると、スピーゲルの成分は C 4%, Mn 8%, Fe 86% であり、このようなスピーゲルの使用は、鋼の炭素量が所定量以下になるまで送風をつづけ、ついで中止してスピーゲルを添加し、炭素量を所定量まで戻し (復炭)、同時に脱酸するという、復炭と脱酸を同時におこなう方法によつてのみ脱酸が可能である。これがマシエットの特許であつた。

この特許のことを知ると、ベッセマーは、マシエットのところへ出向いたという⁶⁾。ところが両者の協力は実現しなかつた。自分の方法がベッセマー法の死命を制するとみて、マシエットに謙虚さがなかつたからかも知れない。一方、ベッセマーにとつては『この特許は自分の方法の補足にすぎないではないか』という気持があつた。それなしでは全方法が無意義になるかのごとくいわれることに我慢がならなかつたのであろう。ベッセマーは決戦を決意した。製鋼におけるマンガンの重要性は常識であり、すでに 1839 年に、前述のヒースが『ルツボで鋼を熔かし、これにマンガン炭化物を添加して、優秀な質の鋼を得る』というもう期限の切れた特許をとつて

おり、自分はマシエットの特許を知るずつと前にウーア博士 (Dr. ANDREW URE) の『技術、製造、鉱業の辞典』 (Dictionary of Arts, Manufactures and Mines, 1846) でヒースの特許のことを知つていた。マシエットの特許は『私が使う権利のあるものを知らせてくれた』という効果があつたといへばいえると主張、マシエットを無視して、公然とスピーゲルを脱酸に使用する挙に出た。マシエットはついに屈した。抗議ができなかつたのである。

こうして、ベッセマー法の発展にとつて重要な脱酸は、あと味のよくない事件をともなつた。ベッセマーの反対者は攻撃材料としてこれを不当に高く評価し、ベッセマーもまたこれと闘うために不当にその意義を否定する態度に出て、客観的評価がくもらされた。しかし、ベッセマーのマシエットの特許にたいするムキになつた態度には承服できないものがある。ベッセマーは、スエーデンのグランソン達の工業化についても、それが彼自身の発展に深い影響をおよぼしたことが客観的に明白であるにもかかわらず、自伝ではその自分におよぼした影響については、口をとざしている。マシエットの業績についてもそうである。彼は、科学者らしく嘘言は一言も書かない。このことは確かだといえる。しかし事実をふせることによつて、間違つた客観像をつくり出すことができるのである。だいたいにおいて、彼が反対者について語ることは、不用意に信ずることができない。何といつても、イギリス銑の転炉法における脱酸剤の必要を明確にしたのは鋼の製造について深い経験をつんだマシエットの功績である。ベッセマーはスピーゲルのようなものを使つたから、復炭が必要となり、それでベッセマー法での軟鋼の製造を困難にしてしまつた、といつている。それはそうかも知れない。ことにベッセマーのように先を見る人はただちに軟鋼をも製造するにはどうしたらよいかに着目したであらう。しかし、現実にマンガン含有量の高いフェロマンガンの工業的製造に成功するのは、1864 年のことで、それまでは工業的使用に最適の脱酸剤はスピーゲルアイゼンだつたのである。ともかく、後にはベッセマーもマシエットに毎年 300 ポンドずつ贈ることになり、マシエットが死ぬまでつづいた。脱酸剤についてのエピソードはこれで終り、本論に戻らう。

以上のように、ベッセマーおよびイギリスの製鉄人は自国にベッセマー法を発展させるために、スエーデンと異なる自国の原料事情に適した独自の道を歩んだのであつた。低磷鉱石の発見、高珪素低硫黄の高炉操業、スピ

ーゲルアイゼンの添加などがその主要指標であつた。こうして、スエーデンとイギリスでは、きわめて異なつた操業方式が形成されていつた。『スエーデン方式』では珪素が普通で、マンガンの高い銑鉄を使用して、炭素が所定量に達したときに送風を中止し、復炭・脱酸をおこなわない。これに反して、『イギリス方式』では、珪素の含有量の高い、マンガンの普通の銑鉄を使用して、所定量以上に脱炭し、後で復炭・脱酸をおこなうのである。今、両者の相違を明らかにするために、両方式の特徴を示すと思われる銑鉄成分例を Table 2 にかかげておこう。

Table 2. ベッセマー銑の成分例

	C%	Si	Mn
イギリス方式*	3~4	2.3~3.0	0.1~1.0
スエーデン方式**	4.1~4.5	1.1~1.25	3.0~3.5

* J. E. Stead (Stahl u. Eisen, 3 [1883] p. 261) のあげている分析値。

** R. V. Seth (Jernkont. Ann. [2] 7 [1924] p. 42) の示している数値
(いずれもデュラー「転炉精錬法」[11] p. 44~45 より転載)。

さらに、一言しなければならないのは、このようなベッセマー法の形成過程には、すぐれた冶金学者たちの熱心な活動が寄与していたことである。早くからベッセマー法の未来を洞察し、強くこれを擁護した人に、オーストリアのレオーベン (Leoben) 大学のピーター・ツンナー (PETER TUNNER) 教授があつたが、その後、ドイツのウェディング博士 (Dr. HERMAN WEDDING)、フランスのグルナー (GRUNER) などがベッセマー法の解明に努力した。こうして今やイギリスでも大陸でも、アメリカでも、全面的にベッセマー法を採用する機が熟し、1860年前後を境に勝利の行進を開始した。この状況をみて、ベッセマーは、つぎのような深い感慨をのべている。

『今まで、あのように断固として失敗を予想していた人々に、今度は私が勝利する番になつた。私は心眼で世界の大規模な古い製鉄業が、ついに明らかにされた事実の抵抗しがたい力により、砕け散るさまをみる事ができた。古い錬鉄製造法を一掃し、かくして均質の熔鋼をば、船と大砲、陸橋と河橋、レールと機関車、これまで錬鉄が使用されてきた一切のものに使用さるべき金属たらしめるよう運命づけた潮流を、なにもものも押しとめることはできなかつたのである』

7. 冶金家と機械技術者

技術史上、産業史上、印刷、羅針盤、新大陸の発見、蒸気機関とならぶ近代史上の大事件とよぶ人もあるベッセマー法の発明について、最後に2, 3補足することにした。

ベッセマーは、みづから『自分ほど多くの誤りを犯したのではない。しかし、自分ほど誤りから多くのものを学んだものはあるまい』と語っている。たしかに、彼は誤りを犯した。冶金学的知識についても、そうであつた。それは彼が製鉄界に外部から入つていつた人であり、初めから冶金の専門家ではなかつたこととも関係していたといえよう。彼は鉄に取り組み始めた初期の特許で、キューポラで可鍛性の鉄を吸炭なしで再溶解することを考えている⁹⁾。チェルトナム演説で『硫黄は普通の温度では鉄のなかに強く固着しているが、熔鋼法では高温のために酸素と結合して除去される』とのべている¹⁴⁾。また、『スエーデンでは、ベッセマーの指示に反して送風量を増加して成功した』というゲランソンの言葉が一般に信ぜられ、オザン (G. OSANN) は『ベッセマーは専門家ではなかつたので、送風量の計算を誤つた』とのべている⁹⁾。『ベッセマーの指示に反して』という通説には疑問があり、また、このような送風量は経験のみが見出し得たものではないかと考えられるのであるが、ともかく、このように解釈する人もある。また、ベッセマーは水素やメタンを吹込んで燐をとろうとしたり、『高圧における化学反応』を科学的解明もなしに脱燐に適用しようとした¹⁾。こうして、ベッセマーの『超科学的アプローチ (ultra-scientific approach)』や『経験主義』が口にされている⁹⁾。

しかし、こうしたことを超えて、多くの誤りを犯しながら、ベッセマーは、驚歎すべき鋭さで、正しい知識を学びとり、しかも、まだ誰も知らぬ自然の秘密に迫り、未知の法則をしつかり自分のものにしていつたのである。このことについて、ベッセマーは自伝で自分が鉄冶金の専門家ではなかつたことが幸いしていなかつたわけではないとつぎのようにのべている。

My knowledge of iron metallurgy was at that time very limited, and consisted only of such facts as an engineer must necessarily observe in the foundry or smith's shop; but this was in one sense an advantage to me, for I had nothing to unlearn. My mind was open and free to receive any new impressions, without

having to struggle against the bias which a lifelong practice of routine operations cannot fail more or less to create.

新しい未知の世界が人類の前にひらけてきて、古い理論では間に合わなくなつたとき、より多く事実から学ぶことが必要になつたとき、デカルト (Descartes) の方法的懐疑の精神が動き出す。ベッセマーはそのような懐疑の精神をもつて、転炉法のような未知の世界に立ち向つたのである。彼が鉄の製造に入ってから、わずか1年半で、彼は優れたメタラジストに成長したのである。ともかく、未知への探検者、科学・技術の要求する重労働に耐える強靱な意思、ものの核心をつかみ出す力、これがベッセマーの本領であつた。一方、時代は、鉄冶金学の学問がやつと本格的展開に動き出したばかりのときで、転炉法のような新世界に対しては、古い理論はそのままでは導きの糸になり得なかつた。ここに、ベッセマーの個人的力量が存分に発揮されて、『ベッセマーがベッセマーを発明した』のである。

ところで、さらに、ベッセマーの重要な側面として、彼が優れた機械技術者であつたことを指摘しておかなければならない。メカニゼーション (Mechanization) は産業社会の重要な推進力である。そして、ベッセマーはこの面で、じつに創造的で、かつ天才的だつたのである。このことは、すでに多くの人によつて強調されている。しかし、このことがベッセマーをして、化学反応の問題についても、普通と異なつた近付き方をさせたことも重要である。『ブロンズ・パウダー』の製造に成功したのも、彼が粉末冶金、今の流動層法の根本となつている原理を駆使したことによつたのであつた。ガラスを反射炉で製造しようとした時、彼が目をつけたのは、原料を熔解する前に粉粒化して緊密に混合し、それによつて化学反応を促進するということであつた。また、転炉法では、熔銑と吹込ガス体を最大限に接触させて最大限の反応効果をあげるといふ観点から攻めていつたのである。こうして、冶金的側面と機械的側面が均齊のとれた美しい統一体をなしたあの古典的な底吹き転炉法が生れ得たのである。そこでは熱源など化学的側面も大事であるが、空気と熔銑が最大効率をもつて接触する機械的側面も重要である。それは、100年後に、純酸素という強力な武器によつて、初めて、乗り超えることができたほど、無駄もない、ゆとりもない。渾然たる統一体だつたのである。1859年に、シェフィールドのベッセマー会社に建設され、1860年3月1日の特許 (No. 578) に記述された転炉 (Fig. 11) が、その後、ほとんど、そのまま

全世界で使用されつづけたという事実も、このことを明瞭に物語っている。

転炉法がベッセマーのような人を創始者にもつたという事実が、近代熔鋼法の二本の柱である平炉法と転炉法において、転炉法のほうを平炉法よりも早く世に出させた原因となつているのではあるまいか。当時の製鉄人たちの主要努力は平炉法の方であつた。そしてベッセマー法の誕生した1856年には、フリードリヒ・シーメンスが蓄熱法 (Regenerativ process) を発明している。

そうした現況で、転炉法の完成のほうがかつた。ベッセマーのような人なしで、それが可能だ

つたろうか。それはともかく近代熔鋼法の時代はベッセマー法をもつて始まつたのである。そして、それから連鎖的爆発を起しながら熔鋼法が発展する。転炉法とともに二大製鋼法を形成する平炉法が、シーメンス兄弟 (W. and F. SIEMENS) およびピエール・マルチン (PIERRE MARTIN) たちの努力によつて、1864年に工業化する。さらに、熔鋼法は、ヨーロッパで低磷鉱石の9倍の埋蔵量をもつ含磷鉱石の利用に取り組み、平炉法より15年後の1879年に、まだ30才にもならぬシドニー・ギルクリスト・トーマス (SIDNEY GILCHRIST THOMAS) の塩基性法によつて解決され、こうして、パドル法に完全にとつてかわつて、熔鋼法の飛躍的發展の時代に入るのである。この『鋼の時代』をひらいたのは、ヘンリー・ベッセマーである。そのベッセマーは、1898年3月15日に85才で死んだが、その名は『鉄の歴史』にいつまでも残るであろう。

(付記) 本稿の執筆にあたつては、日本鉄鋼連盟調査局の高見沢栄寿氏の御好意により、スイスのEisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer Aktiengesellschaft, Schaffhausen より貴重な文献を送付していた

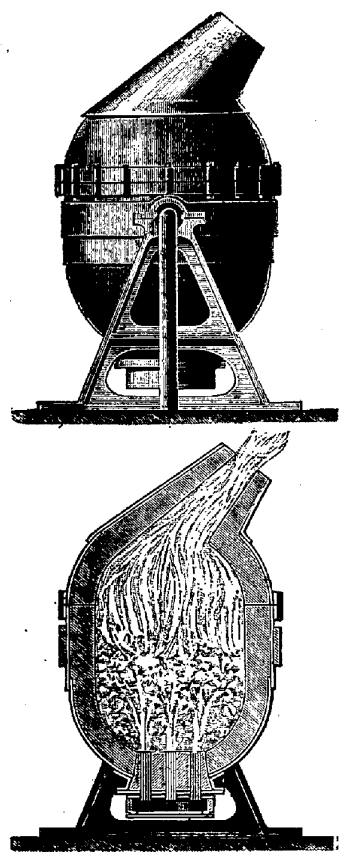


Fig. 11. 1859年シェフィールドのベッセマー会社に建設されたベッセマー転炉

だくことができ、多大な参考となつた。深謝の意を表する。
(昭和 35 年 2 月寄稿)

文 献

- 1) "An Autobiography; Sir Henry Bessemer", Office of Engineering, 1905
- 2) LUDWIG BECK; Geschichte des Eisens(Bd. 1 ~Bd. 5), Friedrich Viewegk und Sohn, Bd. 1, 1884~Bd. 5, 1903
- 3) EBERHARD SCHÜRMAN; Der Metallurge Henry Bessemer, Stahl u. Eisen, 76 (1956), Heft 16, p. 1013~1020
- 4) HERBERT DICKMANN; Früh-und Vorgeschichte des Bessemervfahrens, Stahl u. Eisen, 76 (1956), Heft 16, p. 1020~1024
- 5) A. B. WILDER; One Hundred Years of Bessemer-steelmaking, J. of Metals, July (1956), p.742~753
- 6) JAMES MITCHEL; Sir Henry Bessemer 1813 ~1898, J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 183 (1956), p. 179~188
- 7) PER CARLBERG; Early Industrial Production of Bessemersteel at Edsken, J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 189(1958), p. 201~204
- 8) CHARLES GOODEVE; Steelmaking Since Bessemer, J. Iron & Steel Inst. (U. K.) 184 (1956), p. 113~118
- 9) BERNHARD OSANN; Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, Erzeugung und Eigenschaften des schmiedbaren Eisens Bd. 2. neubearb. u. erw. Aufl. Leipzig: WILHELM ENGELMANN 1926
- 10) KURT RÖSNER; Die Anlage, der Betrieb und die Wirtschaftlichkeit der Oxygenstahlwerke, Stahl u. Eisen, 72 (1952), Heft 17, p. 997~1004
- 11) 土居 襄訳「ロバート・デュラー・転炉精錬法」昭和24年, 原著 R. DURRER, Die Metallurgie des Eisens, (1934), Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie の抄訳
- 12) P. COHEUR "Basic Bessemerprocess" 鉄連訳 "国連欧州経済委員会編 1955 年における世界鉄鋼技術の進歩(上)", 1956, 12, p. 114~135
- 13) 福迫勇雄訳: 「W. ベルドロウ著 クルップ」柏葉書院, 昭和18年, 原書 WILHELM BERDROW, Alfred Krupp und sein Geschlecht, geschichte eines deutschen Familienentnehmens, 1937
- 14) 中沢伸一訳: 「ベッセマーのチェルトナム演説全訳」(鉄鋼界昭和29, 7月 p. 40~43 および 8月 p. 35~38
- 15) O. JOHANNSEN: Geschichte des Eisens, 3. Aufl. Verlag Stahleisen M.B.H./Düsseldorf, 1953
- 16) H. R. SCHUBERT, History of the British Iron and Steel, Routledge & Kegan Paul, London, 1957

鉄鋼連盟で懸賞論文募集

日本鉄鋼連盟では機関誌「鉄鋼界」が、明年2月で創刊 10 周年を迎えるので、これを記念してつぎの要領で懸賞論文を募集している。

論題「日本鉄鋼業の課題」内容はわが国鉄鋼業の将来ないしは当面の諸問題についての一般的なあるいは総合的立論でもよくまたは内外市場開拓, 需要予測, 需給機構, 設備投資, 技術開発, 原料燃料確保, 国際競争力, 経営管理, 業界組織など, その他各般の問題点と対策についての個別的研究でもよい。

字 数	1 万字 (400字詰原稿用紙 25枚) 内外。
締 切	11 月 15 日
賞 金	1 等 5 万円 1 名, 2 等 3 万円 2 名, 3 等 1 万円 若干名。
審 査	業界および学界の学識経験者からなる審査員会の審査による。
発 表	「鉄鋼界」36年 2 月号に審査の結果を発表し, 同誌上に逐次入選論文を記載する。
原稿送り先	東京都千代田区丸の内 1 の 1 日本鉄鋼連盟広報課