

製鉄技術の研究・開発の方向についての一考察

雀 部 高 雄

1. まえがき

鉄は世界で年々生産される金属のうち、90%以上を占めている。この大量に生産される鉄は、そのほとんど総てに近い量が、高炉で生産されている。ところが、この高炉はいまから約 600 年の昔に発明された炉であり、現在の高炉もその製鉄原理は昔の高炉と同じことである。ただ製鉄法の副次的原理は異なってきた。たとえば昔は高炉に木炭を使用したが、エネルギー源が木から石炭に代わるにつれて約 200 余年前にコークスを使用するようになった。また 100 余年前から冷空気の代わりに熱風を高炉内に吹き込むようになった。高炉の規模も大きくなり、18 世紀初期の高炉は高さが 8 m で一昼夜に鉄鉄 0.8 t を生産していたが、今日の高炉は高さが約 30 m で一昼夜に鉄鉄 2,000 t 以上を生産している。しかし製鉄法の主原理は変わらない。

主要鉄鉱石は、鉄の酸化物からできている。シェーレやプリーストリヤラヴォジェなどが酸素を発見したのは 18 世紀後半のことであるから、現在の製鉄原理は、酸素の発見より数百年前に確立されたものである。世界の製鉄業はなぜ 600 年来の製鉄技術にのみ頼ってきたのであろうか。それにはそれだけの理由があった。が、あらゆる科学および技術が急速に発展している現在、この高炉による製鉄原理が唯一のすぐれた製鉄技術であるのかあらためて再検討する必要にせまられている。製鉄法の技術発展の過程をふり返り、現在の科学・技術の立場から、将来への鉄鉱石還元法の研究・開発の方向を見定める必要がある。この点について述べることにしよう。

2. 高炉製鉄法と直接製鉄法

現在の高炉製鉄法は、高炉の上方から炉内へ鉄鉱石、コークス、石灰石などを入れ、炉の下部にある羽口から熱風を炉内へ吹き込むと白熱コークスと反応して高温の CO ガスを生じ、このガスが高炉内を上昇していく間に鉄鉱石が還元されて鉄になり炉内の高温部を下降し、鉄は溶解して炉の下部の湯溜りにたまる。コークスとともに存在する鉄は約 4% の炭素を吸収して鉄鉄になっていく。軽い鉄滓が鉄鉄の上に分離して浮かんでいる。鉄鉄を数時間おきに炉外に流出し、製鋼工場へ送る。高炉は昼夜休みなく連続操作をつづけている。高炉の能力はいろいろの方法で示されるが 1,500 トン炉といえ

日の鉄鉄生産量が 1,500 トンの高炉である。鉄鉄のごく一部は鑄物工場に市販され、そこで鑄鉄鑄物がつくられる。大部分の鉄鉄は、製鋼工場の製鋼炉でふたたび製錬し、炭素含有量を酸化除去して低下させ鋼になる。現在、世界の大部分の鉄は鋼として使用されている。したがって現在の製鉄法は、まず高炉で鉄鉄をつくり、ついでこれを製鋼炉で製錬しなおして鋼をつくる間接製鉄法である。

鉄鉱石から、直接、鉄および鋼をつくる直接製鉄法は、間接製鉄法より合理的できわめて魅力的であるから、過去においても世界の多くの人々をひきつけ、多くの国々においてきわめて多数の研究および試験が行なわれてきた。しかし過去においては実験室のおよびパイロットプラントで成功したものにおいても、実際操作規模においては、経済的の面で現在の大きな生産能力を有する高炉にたちうちできなかった。ただわずかに特殊条件のもとで少量生産されているに過ぎない。

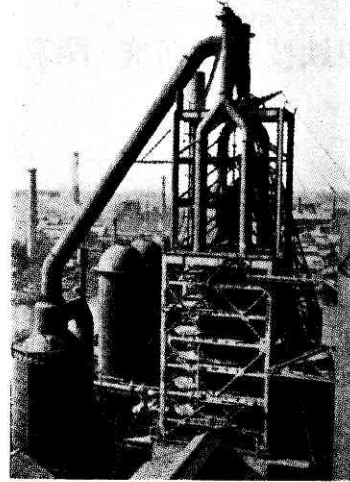
このように安泰に成長を遂げてきた高炉に対しても、進歩した現代の科学・技術からみれば、その重大な欠陥が指摘されることになった。実験室で数秒間に行なわれる反応が、高炉の中で 12 時間を必要としている。しかも高炉で鉄鉄石中の酸素が除かれて鉄になるが、炭素が入ってしまう。この炭素を製鋼炉で除くために金がかかる。この点はイギリス鉄鋼研究協会 (BISRA) 長 Sir C. F. Goodeve¹⁾ がすでに指摘している。高炉内の製錬の原理は、数百年来の経験主義的方法にもとづくものであり、この指摘は当然のことである。また高炉の実際的な面における欠点は、強粘結炭を使用しなければならないという制約である。強粘結炭は、わが国にはきわめて少



第 1 図 高炉の前身である Stückofen の遺跡 (ヨーロッパ)

ないので、製鉄用強粘結炭はもっぱらアメリカおよびオーストラリアから輸入している。この点は日本のみならず、南米および諸後進国においても問題であり、近年においてアメリカにおいても大きな問題になるうとしている。さらに重大なことは、生産性を高めるために高炉およびその付属コークス炉を一途に大型化してきたので、近代式製鉄法そのものの経済的規模がきわめて大きくなり、新能力の製鉄所の建設が、経済的の大きな負担になっている。たとえば富士製鉄系の東海製鉄の長期生産計画に関する文献²⁾によれば、年間能力鉄鉄 270 万 t (2500 t 高炉 3 基を含む)、鋼塊 288 万 t (転炉 5 基を含む)、鋼材 228 万 t (熱間圧延および冷間圧延を含む) の新製鉄所の建設工事費が合計 1,181 億円になっている。最初の高炉 1 基の設備費が約 60 億円、それに付属する焼結設備とコークス炉関係が 57 億円である。最初の製鋼用の 100 t 転炉 2 基の設備費が 45 億円である。製鉄単位の規模が大きくなったので、能率的な近代式製鉄所の建設はきわめて多額の費用を必要とする。このような条件下に、他方において現代科学・技術の粋をあつめ、身軽で小規模でしかも能率の高い近代式直接製鉄法を確立しようとする胎動が活発になり、世界いづれの製鉄国においても直接製鉄法の研究・開発が再び大きくクローズアップされてきた。

現在の世界の製鉄技術の動きの中で、とくに見逃しえない点は、エネルギー源が石炭から天然ガスまたは石油に変わりつつある点である。すでにパーシャル・オキシデーション法などによって、石油または天然ガスから、水素が豊富に安価に得られることが明らかに立証され、水素ガスなどによる新しい近代式直接製鉄法が開発されている。高炉は、かつてエネルギー源が木から石炭に代わった際に、製鉄業自身の手でエネルギー源の変換を行なってきた。エネルギー源が石炭から石油および天然ガスに移行する傾向が強くなっている現在、高炉製鉄法は再びエネルギー源の変化の影響をまともに受けつつある。たとえばその一端はコークス炉副産物の需要面における石油化学工業との競合問題に見うけられる。この点では大きな負担を生じている。また一方、世界的に安価で効率が良い天然ガス資源の開発が急速に進みつつあり、高炉はこの面からも将来多くの影響を受けるであろう。現在すでにソ連では世界にさきがけて、高炉における天然ガスの利用を開始した。ソ連はいまだ初期の段階にあるが、それでも本年中に天然ガス併用高炉の数が 2 倍以上にふえ、その結果コークス消費高の削減が年間 100 万 t 以上になり、銑鉄の増産が 35~40 万 t になることを報じている³⁾。さらに、石油を高炉に利用することも十分に考えられる。エネルギー問題は、将来の製鉄技術の見通しをたてる場合の一つのキーポイントである。



第 2 図 現代の高炉

近年各種の新しい直接製鉄法が高炉製鉄法に挑戦しはじめているが、むかし高炉が発明される以前には直接製鉄法が一般的な製鉄法になっていた。直接製鉄法が高炉製鉄法に移行し、その後高炉が 600 年のヘゲモニーを握って今日にいたっている。かつての直接製鉄法がどのようにして

間接製鉄法へ変わったか、また現在、はなばなしくみえる高炉が、その一面においていかに大きな矛盾を露呈しつつあるか、これらの点がさらに明らかにされると、将来の製鉄技術の見通しをたてるのに有益であり、その線に沿った研究テーマを求めるとに有効であろう。

高炉の発明される以前のきわめて古い製鉄法は、直接製鉄法であり、高さの低い炉内へ鉄鉱石と木炭を入れ、ファイゴで空気を送り込み、炉内に生じた鉄塊を鍛えて小さな鉄製品をつくっていた。炉内を高温にすることができなかったので能率は悪かったが、還元された鉄が炭素を吸収することなく、炭素分の低い鍛錬に適した鉄が得られていた。ところが鉄に対する需要の増加が、炉の規模を拡大させ、とくに炉の高さが徐々に高くなってきた。ある高さに達すると、人間の筋力によるファイゴでは送風が間に合わなくなり、製鉄炉は水車の力を借りなければならなくなった。ひとたび水力を利用するようになると強力な送風の下に炉の高さをさらに高くすることが可能になり、原料の炉内降下の距離が大きくなり、炉内を上昇してくる高温ガスの熱を原料がいっそうよく吸収できるようになり、炉内温度は高まり、能率もそれだけ高まった。これが高炉の前身であり、Stückofen とよばれていた (第 1 図)。このような発展がさらに進み、炉内温度がきわめて高くなると、ある段階で、還元された鉄が多量の炭素を吸収し、溶融状態の銑鉄が生ずるようになった。初めは鍛えることのできない銑鉄は屑のように考えられたが、銑鉄の鑄造法を知るようになり、銑鉄から炭素の低い鍛えうる鉄および鋼をつくりうるようになると高炉は銑鉄生産用の炉として、ますます発展することになった。この高炉の出現は 14 世紀のことである。高炉の発達にともない木炭の需要が急速に高まり、やがて製鉄所の手の届く限りの森林はハゲ山になり、とくにイギリスでは激しい木炭の欠乏を生じ、18 世紀の初めに

は工業の基礎をなす鉄の消費量の三分の二を輸入に仰がなければならぬ状態になった。イギリスには豊富な石炭資源があり、高炉の発展は、次に新しいエネルギーに切り換える必要にせまられていた。木炭の乏しいイギリスでは 16 世紀から引きつづき製鉄に石炭を利用する努力をつけ、約 150 年の努力の後に遂に 18 世紀になってコークスの利用に成功したのである。かつての高炉は、エネルギー源が木炭からコークスに代わる際に、製鉄業が木炭の枯渇に打ちかつために、みづから率先してエネルギー源の変革をはかり、新技術を求めて、約 150 年の努力によって遂にその目的を達したのである。

高炉はその後、さらに熱風を導入し、また高炉ガスの有効利用法によっていちじるしい熱経済をはかり、製鉄技術の基礎を強固にした。18 世紀における機械の普及の嵐は鍛えうる鉄の要求を極度に大きくなり、この要求に答えて 19 世紀初期には、銑鉄を精錬して錬鉄をつくるパドル炉があらわれ、銑鉄の需要はさらに急速に高まり、ますます高炉が大きくなった。さらに約 100 年前に、鋼を無尽蔵に供給しうる転炉製鋼法と平炉製鋼が成功し、鋼の需要が本格的に高まるとともに、銑鉄を供給する高炉も高さを高め、本格的に巨大化し、生産性を高め、かくてついに現在のマンモス高炉にたちいたたのである(第 2 図)。現在の高炉は完全な銑鉄生産炉であり、高炉を使用すれば止むを得ず間接製鉄法にならざるを得ない。しかし、これを歴史的にみれば、上記のように、高炉の前身は直接製鉄炉そのものであり、現在の高炉においてもその炉体の比較的上部においては直接製鉄法の原理そのままの反応が行なわれている。また一面からみれば後述するように、高炉は貧ガスを多量に発生するガス発生炉でもあり、炉内ではこの自己発生した貧ガスで還元が行なわれている。空気中の N_2 を含んだ大量の高温貧ガスが炉内を上昇するので、高炉は高さを大きくして炉の上部で熱交換を行なわせ、この熱を装入原料に与えなければ熱経済が得られないし、また炉の頂部が高温になり過ぎて上部構造の保持が困難になる。このためにきわめて高い高炉の上部は熱交換器をかかえているのと同じである。すなわち現在のマンモス高炉は、その内に熱交換器や直接製鉄炉をかかえこみ、溶解炉も内包し、またその内に貧ガス発生炉もかかえこんだような銑鉄製造炉である。この点はとくに注目すべきである。これらの複雑な機能が 600 年来の経験主義的な手法をもとにして混然一体化され、さらに近代的な技術をとり入れつつ生産性を向上させているのである。

現代の世界の製鉄業は、豊富な石炭資源に依存しつつ安泰に高炉技術を発展させることを許されてきたが、他方において石油工業が急速に発展し、安価な石油および天然ガスなどの新エネルギー源が世界的に広く開発され普及し、今日の製鉄業は、この新エネルギーの前に立た

されているのである。600 年来の寿命を与えてきた高炉の長所と、急速に発展せる現在の高炉の包蔵する大きな矛盾のうち、その若干のものを次に要約して述べておこう。

3. 高炉の長所と欠点

鉄は近代産業の主食であるから、大量にしかも安価に供給できなければならない。高炉は従来この目的を最も満足に果たしてきた。高炉は、その規模を大きくすることによって、生産能力を高め、熱効率を高め、労働生産性を高めることが容易にできたので、従来、一途にその規模を拡大し、安価な鉄の供給を一手に引きうけ、数百年にわたり他の製鉄法の挑戦を完全にしりぞけてきた。また直接製鉄法と異なり、溶解して鉄を分離するので、富鉄でも貧鉄でも製錬が容易で、優良な銑鉄を大量につくることができる。このように順調な発展を遂げ、熱効率が良好で、大量生産方式で生産性が高い現在の高炉は、一面において急速な発展をみせつつ、また他面において数多くの矛盾を露呈しつつある。それらの矛盾の若干のものを展望してみよう。

(i) 高炉は立形炉であるから規模が大きくなるという問題が生ずる。たとえば炉内を上昇するガスが原料と良く接触しながら、しかも通気性がよくなければならないから、粉原料は塊状にして使用しなければならないし、強度の強いコークスでなければ使用できない。このために特別の冶金用強粘結炭を必要とする。

(ii) 銑鉄の生産には多量のコークスを使用する銑鉄 t 当たりの原料費のうちでコークス費の占める割合は、いずれの製鉄国においても約 40~50% を占め、きわめて重要である。エネルギー源が石炭から石油および天然ガスへ移行する傾向が強くなり、コークスの地位に大きな変化を生じてきた。国際連合欧州経済委員会の報告書によれば、次の点を指摘している。製鉄所、炭鉄、化学工業におけるコークス炉およびガス工業のコークス炉が現在の多くの国のガス工業のガス供給源の基盤になっているが、コークス炉はその作業だけでは次第に赤字になってきている。その原因は石炭とコークスの価格比の不利および副産物価格のいちじるしい低落である。戦後の石油化学工業の発展にしたがい副産物の価格にいちじるしい低落を生じた。たとえば西ドイツの下記の例をみてもこの間の事情がよく判る。実ははげしい低落である。

	タール価格/ 石炭価格の比	ベンゾール価格/ 石炭価格の比
1938	3.0	16.60
1949	2.3	15.38
1951	2.19	12.80
1953	1.7	6.30

かくてガス料金の値上げを行なってもコークス炉の操業

はガス工場では引き合わなくなりました。しかし他の工業、たとえば製鉄業では、コークス炉自体の経済は赤字でも、企業全体としては利益を挙げることができるから、この分野ではコークス炉の新増設もみられよう、と報じている。銑鉄原価のなかでコークス費は大きな割合を占めるから、コークス炉自体の経済が赤字になったということは、将来の製鉄技術の進むべき方向にとって注目すべき事態である。この報告書は、世界の製鉄法の太宗であるコークス高炉が、現在その内部に赤字の部分を負いこむ製鉄法に変わったことを告げている。

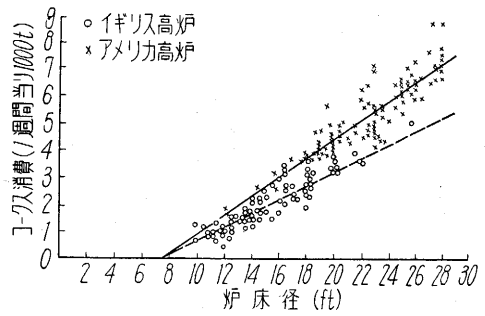
(iii) 高炉の炉頂から出る大量のガスは製鉄所内の燃料として利用できるので、この点を考慮に入れた高炉の熱効率はきわめて高い。しかし熱量計算上の効率は高いのであるが、実際には空気を使用しているため N_2 の多い貧ガスを生じ、高級コークスから貧ガスを発生する発生炉である。炉内に装入したコークスの総発熱量を 100 とすれば、そのうち炉頂から高炉ガスとなって出てゆく発熱量(潜熱のみ)は約 55 である⁵⁾。ガス成分の 1 例を示せば約 N_2 57%, CO 26%, CO_2 16%, H_2 1% 程度の貧ガスである。また窒素の多い空気を利用しているために炉内反応においてもそれだけ不利益をこうむる面が多い。

(iv) すでに述べたように、実験室で数秒間に行なわれる反応が高炉のなかでは 12 時間を必要としている。

高炉の炉頂に装入した鉄鉱石が炉内を降下してしまう装入物降下時間が、このように長時間を要している。ソ連では創意を發揮して装入物降下時間を 6~7 時間に短縮した。旧来の 1,000 トン高炉から 2 倍の 2,000 t の銑鉄を生産できることに相当する。ソ連の設計技師は高炉の有効内容積 2,000 m^3 あるいは 2,286 m^3 の世界最強力の高炉を考案し、この新式高炉はそれぞれ一昼夜に 5,000 t の銑鉄を生産する³⁾。世界各国もこれを追ってその方向にすすむために研究・開発している。

近年高炉内の製錬所要時間は、旧来の高炉にくらべれば飛躍的に向上した。しかし実験室的に、鉄鉱石から銑鉄をつくるために必要な時間は非常に短いので、まだまだ現在の製鉄法の銑鉄生産所要時間は、理論的には過大に過ぎる。

(v) 高炉は大型化しているが、大型化がすすむと大型化した割に高炉の能力の向上する率が、てい減してくる。高炉の能力 (T) は、一昼夜の出銑 t 数で示すことができるが、一昼夜に高炉で消費するコークス量を C t、コークス比を r とすれば、 $r=C/T$ すなわち $T=1/r \cdot C$ である。コークス比を下げることは既述のように高炉製鉄法にとってきわめて重要であるが、一応コークス比が一定の場合を考えれば、高炉の能力は一昼夜のコークス消費量 C (単位時間当たりのコークス消費量) で示すことができる。第 3 図⁷⁾ にアメリカおよびイ

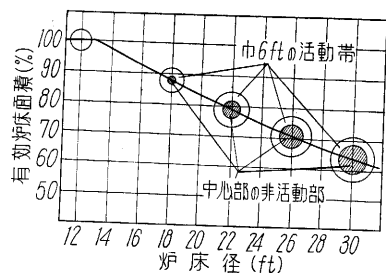


第 3 図 高炉の炉床径とコークス消費⁷⁾

ギリスの大多数の高炉の規模(炉床直径)と高炉の能力(一週間当たりのコークス消費量)との関係を示した。アメリカの高炉もイギリスの高炉もそれぞれプロットした点は一直線の近傍にあり、いずれの直線を延長しても 7 ft 6 in のところで横軸を切っている。装入物、送風能力などによって点がかかなりバラツキているが、炉床径が 10 ft 以上になると高炉の能力(一週間当たりコークス消費量)は炉床径に直線的に比例して増大している。高炉の炉床断面積は炉床径の自乗に比例して増大するが、高炉の能力は炉床径に直線的に比例して増加するにすぎず、これは高炉の中心に非活動部があるからこのような矛盾が生じている⁷⁾。

高炉の送風を行なっている羽口から金棒を炉内に突込んだ報告⁵⁾によると、炉の中心部にある非活動の核心に突き当たる。高炉の羽口から炉内に入った空気は、羽口前の酸化帯でコークスを燃やすが、約 1.3 m 以上の内部は還元帯で、コークスの燃焼はほとんど行なわれない。中心部の残存コークスは上部から流下する鉱滓に包まれてますます燃焼し難くなり核心を形成し、核心はコークスおよび鉱滓からできている⁵⁾。高炉の中心にはこのように大きな非活動部が存在している。これが経験主義的に発展してきた現在の大型コークス高炉である。

この非活動部の占める割合は、高炉が大きくなるほど増大している。O. R. Rice⁶⁾ は、高炉の有効炉床面積は羽口前 6 ft の環状帯の面積にすぎないこと提唱しはじめ、現在一般に認められている。高炉の炉床径と非活動部の大きさとの関係が第 4 図⁹⁾ に示されている。図によれば炉床径 18 ft の高炉(約 400 t 高炉)は炉床面積の



第 4 図 高炉の炉床径と非活動部の大きさ⁹⁾

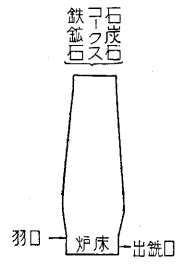
うち約 10% が中心部の非活動部であるが、炉床径 26 ft の高炉(約 1,000 トン高炉)の中心部の非活動部は約 30% に増大している。さらに炉床径が大きくなるほど中心活動部の占める割合が大きくなる。大型高炉は炉床面積が大きくなっているが、有効に利用される炉床面積は比較的小さい。

高炉は連続操業炉であるにもかかわらず、内部にこのように大きな非活動核心を有するために、炉内の均一性がいちじるしく阻害され、高炉はその横断面について不均一な定常操業を行なうのが特徴になっている。

4. 製鉄技術の進みつつある方向と将来の発展への手がかり

現在の製鉄技術がいかなる方向に進みつつあるかという点については、いろいろの立場からいろいろの見方が行なわれている。ここには著者独自の見方を中心にしてその発展方向を探ってみた。

(i) 高炉操業法は分業化されつつある 高炉は第 5 図のようなプロファイルの円筒形の炉で、れんが積み の炉体である。この大きな高さの円筒形の中で鉄鉱石から銑鉄が作られる。すでに述べたように、この高炉を機能的にみれば、熱交換器、直接還元炉、溶解炉、貧ガス発生炉などが重なり合っ て、この 1 本の円筒の中に混然一体となっ て収まっている。このために炉体の高さが高く約 30 m に達し、高炉構造物の上部は地上約 70 m のところにそびえている。



第 5 図 高炉のプロファイル

各種の機能を一つに収めた高炉は、労働生産性からみてもその他の技術的ならびに経済的の点からみても有利な点が多く、製鉄界ではこの炉が 600 年来のヘゲモニーを握り、現在においてもますます発展している。しかし他面において既述のようにその矛盾も急速に深まりつつある。

この高炉製鉄技術の動きを総括的にみると、そこには旧来の高炉操業法が発展するとともに分業化しつつある一面を認めることができる。従来は高炉原料を比較的無造作に炉頂から装入し、炉の下部から空気を送りこんでいた。しかし現在の高炉は原料の事前処理を行ない、高炉内の作業をいちじるしく軽減し、高炉の能率を向上させている。たとえば、鉄鉱石を破碎・篩別し、粉は塊成し、装入原料の粒度を一定にし、連続操業を容易にするためにオア・ベディングにより装入原料を均質・均一にし、さらに自溶性焼結鉱では高炉内の反応の一部も事前にすでに行なわれている。また炉内に吹きこむ空気も事前処理を行なうようになり、湿度調整および酸素含有量の調整などが行なわれる。さらに高炉外で銑鉄の

脱硫や脱珪や、場合によっては脱クロムのような精錬反応も行なわれるようになっていいる。装入原料の事前処理、送風空気の事前処理、銑鉄の事後処理などの分業化が行なわれ、高炉自身の負荷が軽減され能率を高めている。

さらに、高炉には既述のように熱交換器、直接還元炉、溶解炉、貧ガス発生炉などの機能があるが、これらの機能が製鉄業の中で別々に発展していることも認められる。たとえば、貧ガス発生炉としての高炉機能を改善する努力としては、酸素高炉などの研究、開発がその一つの例である。溶解炉としての機能のみを活用するためには、熱風キューボラによる一貫作業製鉄所が出現している。直接還元のみを利用するためには、直接還元用シャフト炉が発展している。熱交換すなわち熱回収を、よりいっそう有効に行なわせるためには各種の有効な方法を考えることができる。

以上のように各種の機能を別々に発展させることのほかに、これらの機能を適当に組み合わせて分業化させることも考えられる。たとえば高炉の貧ガス発生装置の機能を改善するために、ガス発生部を高炉から切りはなしてガス発生を別に分業化させ、有効にガス発生を行なわせることができる。また一方、高炉の溶解炉の機能によって鉄に炭素が入ってしまうから、この部分を高炉から除外することもできる。すなわち、この両者の組合せによって、高炉外で有効にガスを発生させ、シャフト炉内で直接還元機能のみを有効に行なわせ、電気炉で溶解することができる。この方式の一種がウィーベルグ式直接製鉄法であり、スウェーデンの特殊条件下で実用になっているが、この方法はいまだ一般の高炉と経済的にたちうちすることはできない。この際にエネルギー源として安価な新しいエネルギー源である天然ガスまたは重油を利用することも考えられる。

高炉から熱交換および直接還元の機能を果たす部分を分業的に有効に分離すれば、高炉は高くする必要がなくなり、低くすることができる。さらに溶解炉と貧ガス発生装置の機能を主にする部分を合理的に改善すればいっそう有利になる。前者に回転炉を利用し、後者に電気炉を利用し、これを有効に組み合わせたものの変種に、東北電化工業の方式やストラテジック・ウディ法などがある。

直接還元の機能を行なわせる部分およびガス発生機能を行なわせる部分を、それぞれまったく別々の近代的技术にたより、これら両者を合理的に組み合わせた製鉄法の一つに H・アイアン法などがある。

高炉内では鉄鉱石から銑鉄が得られるまでの各過程が行なわれている。現在の高炉によらない製鉄法の多くは、高炉の各機能が分化発展し、それらが再び適当に組み合わせられて構成されているとみることができる。しか

し、高炉内で行なわれている鉄鉱石還元的方式が唯一のものではないから、上記の発展方向とはまったく別の新しい発展方向もあり得る。

(ii) 将来の発展への手がかり 現在世界に存在するあらゆる製鉄炉のうちで、最も安価に、しかもきわめて大量に鉄を供給しうるのは高炉製鉄法ただ一つである。何百、何千という高炉によらない製鉄法が考えられてきたが、経済的に、大量生産的に、高炉にたちうちできるものは現在一つも存在していない。ここに高炉のもつ技術の特徴が認められる。しかし近年急速に発展せる高炉製鉄法には、他面、それだけ諸矛盾が深まっていることも見逃し得ないことを述べてきた。

さていくつかの機能が組み合わさっている高炉は、これらの個々の機能がすでによく研究されている。しかしさらにこれらの機能を、より本質的に、把握することによって、高炉は現在よりはるかに経済的で生産性の高い近代的高炉に発展させる可能性が十分にある。このためにさらに、それぞれの機能を細分化せる多面的な多くの基礎研究が必要である。また高炉の本格的な開発には小型試験高炉によるパイロットプラントの活発な活動がきわめて重要であり、実際規模の高炉と小型試験高炉との相似性に関する問題が明らかにされなければならない。

現代の科学および技術発展の一つの特徴は、個々の科学者および技術者の研究分野が、ますます狭く深く専門化されると同時に、これらの科学者および技術者の成果が広く相互に作用しあいながら、その個々の多くの成果が集まって新しい発展が行なわれている。あらゆる分野の科学・技術の成果が一つになってはじめて高炉製鉄法の本格的な発展が可能になる。この点からみて、計画的に、基礎研究、応用研究、パイロットプラント試験、実際操業技術が相互に作用し合いながら研究・開発されることが重要であり、したがって協同研究にまたなければ有効な成果を収めたい面が強くなっているのが現状である。

直接製鉄法はすでに述べたように高炉以前に古代から広く行なわれていた製鉄法である。わが国においても古代より明治中期まで行なわれたタタラ吹きケラ押し法は直接製鉄法である。現在においても数多くの種類の近代的直接製鉄法が研究・開発されているが、高炉にたちうちするまでにいたってない。直接製鉄法が成功し得なかった原因のうち、とくに注目すべき点は、新しい製鉄法が技術的に可能であっても、長期にわたり大量の鉄鋼を競争的な経済価格で生産できなかった点にある。発明者は一般にコストをひいき目に見積り勝ちであり、非常に経済的な製鉄法であると考えられる場合が多かった。コスト評価に生ずる誤差については、専門的立場からの公正

な判断が必要であり、この評価には長年の経験が必要である。競争的なコスト評価に際しては、他方で急速に技術を改善しつつある高炉技術の将来の動勢も見逃してはならない。さらにもう一つ別の原因は、直接製鉄法が太古より行なわれているように、鉄鉱石がきわめて還元されやすいので、直接製鉄法における鉄鉱石還元の基本的な研究が、従来の高炉製鉄法の知識レベルの域を脱していなかったことである。高炉の矛盾を克服し得る直接製鉄法を求めするためには、この点の研究がとくに重要であり、したがって常温から高温に至るまでの各種の温度における鉄鉱石還元に関する基礎的な研究が、より本質的に行なわれなければならない。

高炉によらない製鉄法は、いわゆる直接製鉄法のほかに各種の製鉄法がある。それらの多くは高炉内で行なわれている各種の機能が専門化され、個々に専門的に発展せる機能が有効に組み合わせられ、新製鉄法が構成されているとみることができる。したがって一步先んじて、意識的、計画的に高炉内で行なわれている機能を有効に分化させ、それぞれの機能を最も有効に発揮する技術を求め、この新技術を適切に組み合わせる新しい製鉄法を創出することができる。

高炉内の反応とは異なる別の製鉄法としては、たとえば湿式製鉄法やカーボニル製鉄法などがある。基本的な科学・技術の研究・開発によって、従来とまったく別のコースを通る製鉄法をつくることが可能である。鉄鉱石還元に関する基本的な研究による新しい成果を求め、それに最もよく適合した合理的な装置を案出し、新しい製鉄法を求めることが将来の一つの課題である。

以上に鉄鉱石還元の研究の方向に関する若干の考察を述べた。基礎研究のテーマ選択については東京大学名誉教授田中清治博士の指導をうけ、また小型試験高炉と実験室の基礎研究との関連については、金森研究室の小型炉を吹き止め、炉内の全資料の提供をうけ、その他多くの点で金森教授の指導をうけている。両教授に厚く感謝の意を表する次第である。(1960. 8. 31)

文 献

1. "Recent Advance in Steel Technology and Market Development, 1954", Economic Commission for Europe, United Nations, Geneva, (1955).
2. 「鉄と鉄製品」Vol. 12 No. 8 (1960).
3. Iron and Steel Engineer, Jan. (1960).
4. "The Trend of European Gas Economy", Economic Commission for Europe, United Nations, Geneva, (1956).
5. 和田亀吉, 「実際製鉄法」, p. 182, 丸善 (1953).
6. O.R. Rice, Jour. Iron and Steel Inst. Vol. 170, Part 2 (1952).
7. "Productivity Team Report on Iron and Steel" British Iron and Steel Productivity Team, London (1952).
8. O.R. Rice, Blast Furnace and Steel Plant, Vol. 32, pp. 111, 221 (1944).
9. 辻畑敬治, 「製鉄・製鋼」第4章, 朝倉書店 (1960).