

随 想

製鉄技術発展の 30 年をふり返つて

田 村 節 夫*

はじめに

10 年一昔といわれるが、私も入社以来四昔にならんとしている。入社時、大先輩から“10 年間は給料をもらつて勉強する穀潰し、次の 10 年間はやつと自分の給料分だけ働ける時期であり、最後の 10 年間は利益を挙げて会社・社会に貢献できるようになる。”と教えられた。

入社後、最初の 10 年間は铸鋼をスタートとして、製鋼分野、条鋼分野、尼崎製鉄(株)(後の(株)神戸製鋼所尼崎工場)での高炉実習など、10 種以上の職種変更があり、よく勉強させていただいた。次の 10 年間は神鋼が鉄鋼一貫メーカーとしてスタートした神戸製鉄所の 1 号高炉の建設から始まつて、3 本の高炉の操業まで担当した。引き続いて 10 年間は高度成長に伴う新立地の加古川製鉄所で 2 本の大型高炉の建設、操業に従事し、最後の 10 年間は本社で製鉄分野の技術開発、海外への技術供与、合理化計画などに従事している。

鉄鋼を取り巻く環境の変化により最後の御奉公が合理化計画とは寂しい限りであるが、ここ 30 年を製鉄部門に従事してきた一高炉屋としての経験を通じて、製鉄技術の 30 年をふり返つてみた。

先進国に追いつけ・追い越せ(昭和 30 年代)

日本の鉄鋼界は先進国に追いつけ・追い越せの気運のもと、寝食を忘れ、家庭も忘れて前進あるのみという燃えた時代であつた。

鉄鋼先進国から設備・技術を導入し、整粒強化、自溶性焼結鉄の多配合、重油吹込み、酸素富化、高温送風、調湿操業などを実施して飛躍的に生産性が向上した。これらの技術が今日の製鉄技術発展の基礎となつたと言える。

後発の鉄鋼一貫メーカーとしてスタートを切つた神鋼では、神戸製鉄所に昭和 34 年 1 号高炉、同 36 年 2 号高炉、同 41 年 3 号高炉をそれぞれ火入れした。

この間、いろいろのことを経験したが、特に原料面での苦労が多かつた。砂鉄の使用によるチタンペア生成のため、羽口や滓羽口の破損が多く発生したり、ラリーカーでの石灰石の誤装入によりライムセッティングを起こし、初めは何のことかわからず、慌てたこともあつた。

昭和 36 年 2 号高炉を火入れしてすぐ、鉄鋼市況が悪く長期減産操業を続けたため、炉壁に付着物が生成してしまい次の増産期に生産が上がらずに弱つた。このため発破をかけて付着物を落とす方法を開発したが、同時期に各社とも同じ現象が起こり、発破屋は引つ張りだこの状態だつた。

これらの経験から高炉における減産限界値が暗黙の内に定められ、かつ、装入 TiO_2 量や装入 Zn 量の管理が始まつた。また、コークス、焼結鉄の冷間強度を管理し始めたのもこの時期である。

高炉の事故としては、周辺操業になりすぎてシャフト下部や炉腹部のれんがが脱落し、いわゆる冷却板の“おじぎ”という現象がおこり、炉体からのガス漏れが発生し、この対策に迫られた。設備的には冷却板の固定装置やパッキン材の改良、れんが材質の改善などの開発にあわせて、ガス流れを調査するため、ほとんどが手作業ではあつたが、レースウェイの測定、ストックレベルにおけるガス分析、ストックラインの形状調査などを行つた。これらの技術が後の大型高炉におけるガス分布制御技術に受け継がれている。

また、神戸製鉄所は環境上コークス工場の建設ができず、製鉄所の燃料たるコークス炉がない中で高温送風を得るため、日本で初めて熱風炉にレキュベレーターを設置し、高温送風によるコークス比低減に寄与した。

さて、神鋼の高炉技術の基礎はどこにあつたかという、私は溶滓式ガス発生炉だつたと思う。この炉は、本社脇浜工場の平炉用のガス発生炉を改造したもの(今でいう低シャフト炉)で、炉床径 1.5 m、高さ 4.8 m、羽口は鋼板製 8 個、熱風炉の代わりに熱交換器を置き、風温は Max. 400°C が可能な設備であつた。昭和 26 年～28 年にかけて、この溶滓式ガス発生炉を用いて日本で産出する砂鉄を団鉄(ペレット)にして原料とし、コークスを使わず石炭でもつて鉄鉄と高カロリーのガスを発生させた。なお、このガスは平炉に供給して溶解時間の短縮を図つた。熱補償として酸素富化を行い、酸素濃度 Max. 32% まで上げた記憶している。この時いろいろなことを経験させられた。

ある時、2 交替の夜勤で出勤すると、上司は全員東京へ出張され、吹き卸しをしておくように申し送りを受けた。生まれて初めての吹き卸しで先生は誰もいないため、どうしてよいのか全くわからず途方にくれたが、何か本に書かれていないか事務所の先輩の机をひつくり返して調べたら、2 冊の本がでてきた。しかし、内容は N_2 封入か、あるいは炉上部から水をかけて火を消すか、二つの方法があるというだけで、ほんの数行しか書いていない。夜の夜中に N_2 配管もできずに、ホースを炉上部へ持つて上がり、検尺マンホールの作業用の穴 3 か所から水を入れた。2～3 時間後、羽口で水性ガスがパンパン爆発し始め、ガス発生炉のベテラン職長と若造が炉前で

* (株)神戸製鋼所 鉄鋼生産本部(現:第一耐火煉瓦(株)社長)

水を止めよ、止めぬの大議論をした。それというのも酸素濃度 32% のとき、休風作業中に環状管が破れる事故が以前にあつたため、この職長は今度は炉が爆発すると思つたようだ。やりかかつたものを途中で止めたら、またガスが発生して爆発が大きくなると信じて、ついにバルブは開け放しで頑張つた。おさまるまでの 30 分間の長かつたこと、今にして思えば笑い話であるが、本当は心配だつた。

その後、実高炉でも吹き出し途中で水を減らすことは教訓として絶対やらせなかつた。昨今は勉強する気さえ本人にあれば何もかも本に書いてある。今の人は幸せだなあと、つくづく思う。

また、ガス発生炉の火入れ・吹き出しは数十回に及び、真二つに割つて解体調査を実施した。ペレットとの付き合いもこれが最初であつたし、炉内の温度分布が炉況にいかに関与を及ぼすかもわかつた。石炭操業で行き詰まつてはオールコークス操業にして炉況を立て直したものだ。原料が操業を左右することも教えられた。

約 3 年でこの実験は中止となつたが、将来の高炉操業に備えて当時本件を推進させた杉沢課長（故人、元神鋼社長）と実験最後の日に泣きながら帰つたことは今でも忘れられない。この溶滓式ガス発生炉に従事した現場の人の大多数が、その後職長、係長として神鋼の高炉を支えてきた。

ついでながら、新製鉄法が昨今、脚光を浴びているが、まさに草分けではないかと思う。

新立地への進出（昭和 40 年代）

高度成長に伴い、各社競つて新立地へ最新技術を結集した設備大型化の時代であつた。同時に、環境問題がクローズアップされ、 SO_x 、 NO_x など公害防止協定が全国的に取り決められた。これらに対する技術開発と設備投資金額は膨大なものとなつたが、ふり返つてみると、おかげ様で日本は世界一クリーンな製鉄所作りに成功することができた。

技術的には、ブラックボックスといわれてきた高炉の解体調査が実施され、軟化融着帯を初めとして炉内現象の解明が進められたことは大きな進歩につながっている。装入原料はそれまでの冷間性状管理のみならず、熱間性状を重視することになつた。

生産性向上のための超高压化、超高温送風、脱湿送風、高処理鉬比操業、装入物分布制御、ステーククーラーの採用などが実施されたが、一方、米炭の逼迫によるコークス強度低下対策として、成型炭配合法の採用、人造粘結剤の実用化などが行われた。

神鋼においては社運をかけて加古川へ進出した時期であつたが、後発の神鋼にとって原料手当上の厳しさはたいへんなものであつた。焼結用原料は各社取り合いの状況にあり、反面、微粉鉬石は市中に安価にあふれていた。神鋼は既に神戸製鉄所でペレット工場を稼働させ、3号

高炉での自溶性ペレット使用技術を確立していたし、機械メーカーとしてペレタイジングプラントを外販していく企てもあり、加古川の大型高炉で焼結鉬を使うべきか、ペレットを使うべきか技術者の意見は真二つに分かれていた。いずれ操業せねばならない立場として、最初は焼結操業をしたいと上司の御宅に伺い、10 時間議論した。“ブルータスお前もか”と怒鳴られながら大声で議論するものだから、奥さんが心配して何度ものぞきに見えたり、ブランデーを 1 本空けてしまったことを思い出す。

最終的にはペレットが採用されたが、ペレットでやるからには炉内の径方向の装入物分布調整ができるようにしないと操業できぬと申し立てて、西独のダンゴ式ガスサンプラー（輸入品）と GHH 式ムーバブルアーマーを設置した。最初は試行錯誤で、羽口破損などトラブルを経験しながらも、最後はペレット多配合で装入物分布を制御できるようになり、さらに、ペレットの品質面についても、ドロマイトペレットの開発により高温性状が改善され、高炉成績を飛躍的に向上させることができた。

海外からの技術導入として、西独マーチン社の熱風炉が最も印象に残っている。これは高温送風用の熱風炉の問題点を解消するために採用したもので、バーナーに若干の問題はあつたが、これを改良して今や日本一熱効率のよいメンテナンスフリーの熱風炉となつている。 NO_x アタックによる鉄皮き裂を防止するため、保温シェルを設置し、各社より注目を浴びた。今では日本中の熱風炉に設置されている。バーナー事故のおかげで熱間補修技術も確立できたし、高炉改修中の熱風炉の保温・冷却の両技術も開発できた。

このように海外、特に西欧の設備・技術の導入華やかな時代であつたが、契約折衝のなかでノウハウの対価に関する考え方などノウハウに対処する知識の低さを痛感したし、よい勉強をさせていただいた。

この間、数多くのトラブル経験を通して培われた技術が貴重なノウハウとして、今日技術供与できるまでに発展できたのは幸いである。

環境対策については、神鋼は神戸製鉄所の 1 号高炉をスタートするに当たり、その立地場所が日本一の銘酒灘五郷の中心地に当たるので、地下水のために市街地との間に運河を作り樹木を植えた（緑化運動、規制はだいぶ後で設置されたが）。またベルトコンベアには全部カバーをし、多くの集塵機を設置したり、排水に配慮した。当時、日本中、いや、世界中からこのクリーンな製鉄所に見学者が大勢詰めかけた。以来、地元の酒屋さんとは友好的の共存共栄を保っており、この経験が加古川進出の際、大いに役立つた。

世界に向かつて（昭和 50 年以降）

昭和 48 年と 54 年に日本を直撃した二度にわたるオイルショックは日本鉄鋼業に対しての一大警告であつた。

省エネルギー、脱石油をめざして高炉はオールコークス操業となり、さらには、COM, TCM, PCI の研究開発が急速に進められ、PCI は今や、稼動高炉の約半分に設置されている。また、排熱回収にしても高温回収から、さらには困難とされていた低温回収へと移行した。

高炉に数多くの計測端を取りつけ、一時は、製鉄分野外の人たちからは、“花魁のかんざし”と冷やかされたこともあったが、各種計測技術の進歩は装入物分布制御の確立、炉況診断システムなどの計算機制御技術へと発展した。

また、後工程からの品質要望から、競って低 Si 操業を指向した。さらに、炉体補修技術の開発、操業技術の改善により高炉およびコークス炉の寿命は大幅に延長されてきた。

このように日本の製鉄技術は高度化し、海外における技術発表も盛んとなり、技術は導入した時代から鉄鋼先進国へ供与するようになった。

神鋼も自溶性ペレットからドロマイトペレットの実用化、さらに、尼崎工場での多孔質ペレット 100% 操業実績をベースに、ペレット製造技術、高炉へのペレット多配合操業技術などを海外へ供与し始めた。

しかし、時代は変わっても先進国の人たちの技術開発に対する粘り強い姿勢には、つねに感銘を受ける。

昭和 55 年のこと、スウェーデンの鉄の発祥地ホフォスの近くの博物館を見学した時、約 70 年前の鉄製造という映画を見たところ、高炉の炉頂にはふたがしてあり、原料の装入はホッパーからシュートに受け、このシュートの先端につけた綱を人間が持つて回りながら装入しているのを見て、これがベルレス装入装置の原理かと思つた。昔の人はたいへんなことを考えて作業していたであろうし、このアイデアをものにした会社も立派だと思つた。ちなみに、ベルレスの導入については神鋼はちよつと遅れたが、実機化される前のプラスチックモデルを見て、これが装入装置の最適なものと思つたのも遠い昔のことである。また、今や世界中に普及しているステーククーラーや CDQ は欧州における極寒冷地の製鉄業の生活の知恵から発展して開発されたものであろう。

日本はこれらの基本技術を器用に使いこなしてきた。そして、現在、鉄鋼先進国へ技術供与する立場になっているが、感じることは、日本人が相変わらずノウハウに対処する知識が少ないこと、外国人との付き合いが下手ということである。

人間である以上どの国民もプライドはあるし、特に、欧米人は日本人よりプライドが高く頑固な点もある。気候、風土、習慣が異なり国民性の違いもあるが、要するに、人と人との付き合いであり、誠意からくる信頼関係しかない。

7 年前、米国のある会社から技術導入して、かつ、販売権を取得したことがある。対象相手が数社ある中からの選択であり、ノウハウや技術の検討、交渉といずれもハードなものであつた。その会社の社長と数回会談する中で、ある日の夕方、急拠時間が空いて米国の有名なゴルフ場で共にラウンドする機会があつた。あれほど気持ちのよいゴルフをしたことはない。その社長と体型が似ていることもあり、ズボンは奥さんが自宅から運んでくれ、彼の靴もぴつたり合い、彼からもらつたボールは煮しめ色であつたが、ターフは元に戻したり、ショット直前やグリーン上で相手がプレーに集中できるようにするマナーのよさに感服するとともに、さりげない心遣いが身にしみた。1 ラウンドを 3 時間であがり歓談したが、彼の人柄に尊敬の念を抱くとともに、信頼できる相手であることを痛感した。その後、友好裏に交渉を進め、技術導入することになったが、実機化により技術の信頼性も立証され、今なお、引退した彼とも交友関係が続いている。

仕事を通じて海外に多くの友人ができたことは自己啓発にもなり感謝している。

おわりに

止まるところを知らぬ円高と、それに伴う輸出の減少、さらには新興工業国による追い上げに対応するためには固定費削減によるスリム化は避けられまい。さりとて技術開発、設備投資を怠る轍を踏むわけにもいかぬから、製鉄技術の高度化、多様化をよりいつそう推進することによつて技術で国際競争力をつける必要があり、製鉄技術者にとつてはまだまだやるべきことが残されている。

当面は大型高炉への集約ということになるだろうが、今世紀末には、コークス炉、焼結工場のリプレイスによる巨額の設備投資が必要となろうし、将来の生産の柔軟性を考えると、新製鉄法（溶融還元製鉄法）の開発は重要な課題である。

新製鉄法に関しては昨今、世界中で数多くのプロセスが提案されているが、私自身としても究極のプロセスはこのようになるであろうと以前から頭に描いているものがあり、いつか話したいと思うし、長生きして見定めたいと思う。

最後に、最近感じていることを一言述べたい。

現代は情報社会といわれるくらい、いろいろな情報が乱れ飛んでいる。情報源は多いに越したことはないが、人間には限られた時間といくらかの経験と大差ない知恵しかないから、いわゆる“勘”を育てることが必要である。単なる“やま勘”ではなく、情報の中味を分析し、ウエイト付けできる能力、すなわち、真の“勘”を養うべきであると思う。

製鉄技術のますますの発展を祈つて筆をおく。