



鉄の歴史
海外技術の吸収と
日本鉄鋼業の発展-4

戦後の高炉技術の導入とその背景

Trend of Blast Furnace Technology Looking Back the Postwar Introduction and Development

中村直人 元新日本製鐵(株)取締役
Naoto Nakamura

1 はじめに

「戦後の高炉技術の導入」というテーマで、敗戦から四半世紀の短期間に奇跡的成長を遂げた日本鉄鋼業、特に高炉技術について述べるわけであるが、その発展には多くの導入技術が主役的役割りを果たしてきた事は詮を待たない。ただその経過の中で個々の技術を無定見に導入したのではなく、プロセスの基本思想を土台にして、新技術を逐次積み上げて総合化した結果として今日の姿が生まれたものと言える。具体的に言えば、まず原燃料のサイジングと予備処理から出発して、次に燃焼帯の活性化を目標に複合送風とも呼ばれる熱風の予備処理(温度・湿度・酸素・還元ガス・オイル・微粉炭等の添加)であり、平行して炉体構造の改良であった。続いて高度の生産性・経済性を狙って高圧操業と炉体の大型化に邁進、1970年代には米ソを越える操業レベルを保有する製鉄王国になった。

焼け跡から裸で立ち上がった我々は、幸いにもこれまでにない良質資源に恵まれながらプロセスの本質に沿って新技術を順序よく選択採用することが容易となり、現在に繋がったものと思っている。今日までの発展経過とその背景を眺めるとき、著者の辿ってきた歩みと重ねて述べることを容赦願いたい。

2 戦前までの日本鉄鋼業の姿

昭和46年(1971)、日本鋼管(福山)と新日鉄(君津)に日産一万トンの高炉二基が誕生して日本鉄鋼業は名実共に世界のリーダーとしてその役割を自認する立場になった。かつて英艦フェートン号の大砲の威力に驚いて急遽佐賀藩は蘭書を学び反射炉による鉄製大砲の鑄造(1850)に成功、さらに砲身の威力を維持するため原料のたたら銑を高炉銑に変えるべく大島高任は安政4年(1857)12月1日、南部藩甲子村・大

橋に我が国初の日産2トンの高炉を建設した。以後英国・ドイツの技術指導を受けつつ明治34年(1901)2月5日八幡に160トンの第一高炉を建設して我が国は近代製鉄業の第一歩を踏み出した。第一次世界大戦(1914~18)後、次第に頭角を現してきた米国は既に1925年に1000トン高炉を完成していたが、我が国初の1000トン高炉は昭和12年(1937)火入れされた八幡・洞岡第三高炉であった。

日本製鉄業はこの段階に至るまでに数多くの試練を受けることになった。明治13年(1880)建設した官業釜石製鉄所はコークス技術未熟により僅か3年で廃業となり、その後を受けて小型木炭高炉から再出発した民営・田中製鉄所は農商務省技官であった工科大学教授・野呂景義とその弟子香村小録の指導のもと、明治27年(1894)夕張炭を使って我が国で初めてコークス高炉操業に成功した。また明治34年(1901)官営八幡製鉄所の第一高炉ではコークス炉建設が間に合わず、やむなく購入コークスを使用して初期操業に躓き、3年間の立ち遅れは日露戦争(1904年2月開戦)に間に合わず、国内炭をベースとしたコークス製造技術の未熟は製鉄業界の大問題となった。

しかしながら操業経験を重ね生産設備の拡充に従い多くの技術的工夫や改良が進み、明治45年(1912)高炉職組長・田中熊吉のドイツ留学とその後の活躍(高炉の神様として尊敬され終身勤務の宿老称号を受ける)、また大正5年(1916)黒田泰造はヘヤピン構造の黒田式コークス炉を開発、世界的にも高く評価されてコッパース社やオットー社にもこの方式が採用された。大野宏はさらに改良を加えて日鉄式コークス炉として戦後も長く活用された。

急増する国内需要に対応すべく我が国は昭和8年(1933)半官半民の日本製鉄株式会社を設立し八幡を中心とする銑・鋼・材のバランスのとれた強化対策を実行に移した。以後第一次拡充計画で1000トンの洞岡第三高炉を、第二次で同容量の洞岡第四高炉と釜石の700トン高炉、第三次では輪西・

仲町工場（700トン高炉三基）と八幡・戸畑のストリップミルを、さらに第四次では新立地の広畑製鉄所を建設して1000トン高炉二基及びストリップミルを含む大工事を完成した。第五次は昭和17年（1942）北朝鮮・清津に500トン高炉二基の火入れを行った。ちなみにこの両ストリップミルは米国以外ではまれな最新鋭設備であり当時の日本鉄鋼業界の心意気が想像できる。

3 戦後の製鉄所

3.1 製鉄所への復員

著者は短期現役で神奈川県座間の兵器学校で4か月の教育を受けた後、1945年2月任官、陸軍技術中尉として兵庫県明石に新設された大阪造兵廠・播磨製造所（現在の神戸製鋼・加古川製鉄所の敷地）に配属され、高射砲製造工程で砲身の焼き入れ・焼鈍作業の責任者となった。この工場は、1944年頃から飛来してきた爆撃機B29が一万メートルの高度からの水平爆撃を行うため従来の高射砲では用をなさず、急遽陸軍でB29撃墜用の高射砲製造工場として計画されたものである。

この新鋭高射砲は昭和20年（1945）春には東京・大阪・北九州に配置され後れ馳せながら戦果をあげたと聞いたが、もう一つ最近知ったことであるが1944年の6月と8月のB29による八幡空襲はいずれも製鉄所のコークス炉が主要な目標になっていたとのこと。コークス炉の構造と生産影響を熟知した作戦であったと改めて驚いたが幸い致命的損傷は受けず、操業を続けることができた由。

1945年8月15日は抜けるように晴れた暑い日であった。敗戦の玉音放送は不明瞭で直ぐには負けたという実感は湧かず、反面ホッとしたのも事実であった。各工場は暫く目標を失って途方に暮れた空気に支配されていたが、やがて副製造所長より従業員の心構えなど精神的動揺を配慮した訓示が放送された。しかし我々将校には青酸カリが配布されるなど、いささか行き過ぎの処置ではないかと思ったが、その後服毒自殺者が出て立場によっては夫々考え方のあることを知った。著者自身は八幡製鉄所に復員できるつもりでさしたるショックもなく、従業員の身の振り方や工場清掃・書類の焼却などに当たった。やがて徴用工は夫々の故郷に返すべく、工場備蓄の焼き入れ用菜種油一斗缶を土産に、各自嬉々として工場を去っていった。ただ本工員は大阪から配転されてきたので当面生活の目途が立つまで暫く工場に残すことにした。9月になって姫路駐留・米軍の工場引取り役の先遣隊が現れたが、隊長は少尉で、著者の階級が中尉であったせいか、先方が先に敬礼をしたので内心大変驚きその礼儀の正しさに安心した。このような雑事に日時を費やして切りが付かないの

で、年末になって退官を申請、翌年1月焦土となった街を見ながら八幡製鉄所に出頭、復員手続きを完了して、製鉄部・溶鋳炉掛に配置された。

3.2 敗戦直後の高炉作業

昭和21年全国から乏しい原燃料を八幡に集めていわゆる傾斜集中生産方式が実施され、他の製鉄所を全て停止して、辛うじて生産中の東田第二・第四高炉と洞岡第二高炉の三基の操業を続行することになった。著者としては若輩でありながら未だ帰国・復員していない先輩や他製鉄所の技術者を思い、数少ない高炉を操業する機会に恵まれたことに感謝の念を禁じえなかった。ただ占領政策次第で日本製鉄業の存続には見通しなく大きな不安を抱えたままの勤務であった。

当面の現場は大変であった。特に設備の古い東田では原燃料の装入スキップへの打ち込み作業は全て鉄製手押し車を使用するため、食料難に苦しむ作業者の体力がその日の生産の限界を決める事になり、雨が降れば傘がないため多数の欠勤者が出る始末であった。

さらに炉体の点検や炉周羽口の見回りも夜には電球不足で一回りが甚だ危険を感じる状況であった。

次は炉底破損事故である。ようやく操業が順調になりかけると整備不良で戦前から無理な生産を続けていた炉体、特に炉底部は高温の溶銑やスラッグが炉壁の弱点に沿って浸食しながら外壁の鉄皮（マンテル）に達し、外側からの注水冷却にもかかわらず赤熱し続いて小さな孔をあけ次第に流出量を増しながら炉底を取り巻く冷却水排水溝に流れ込み大爆発となる。付近建屋のガラス戸は勿論、付帯設備の破損、貨車の転覆など、時には人身事故も発生した。この炉底破損は年数回は発生するので、三交替勤務では自分の勤務中に発生せずに次番の引き継ぎを待ち遠しく思う心境であった。マンテルの危険箇所発見には高炉職は一定時間ごとに交替でカップを着て滝のような冷却水を浴びながら炉底部に潜って触診点検を行うが、冬場の夜など本当に大変で頭の下がる思いであった。著者も三交替勤務中は破損懸念の報告あればしばしばこの触診作業に参加した。

さらにもう一つの悩みは出銑作業で、出銑口を維持するための良質耐火材（閉塞用マッド）の入手が困難で一日六回行う出銑の終盤まで出銑口が保持できずいわゆる荒出となった。その度に送風量を減圧して出銑口を閉塞することになるが、連続操業を理想とする炉内反応はその度にショックを受けることになった。昭和23年（1948）釜石に初めて国内出張を命じられたが、目的は釜石高炉の出銑口閉塞用マッドにタールを配合する作業の調査であった。かつて明治45年ドイツ留学中の田中熊吉組長がオーバーハウゼンで閉塞用マッドにボタ（灰分の多い劣質炭）を配合していることを発見した

エピソードを思い出した。

3.3 日本の幸運

昭和21年(1946)6月連合国極東委員会は残置能力として銑鉄200万トン、鋼塊350万トンを提案していたが、同年8月GHQ (General head Quarters 占領軍最高司令部) は艦砲射撃を受けた釜石を除いて全製鉄所を賠償対象工場に指定し、日本の製鉄業の行く末は甚だ心許無い状態におかれた。

このような時期に大変な幸運が訪れた。国際情勢の急変である。1947年には米ソの対立が激化し米国は「マーシャルプラン」を発表して西欧自由主義国の復興援助を開始し、その上、中国が共産政権に変わったため米国の対日政策は大きく転換することになった。

即ち「ストライキ調査団」の来日により48年2月「製鉄業の現有設備は撤去せざることを」の結論が出された。さらに西ドイツで通貨改革に成功したドッジ氏がGHQの最高顧問に招かれて、援助資金や補助金の削減のためにも製鉄業の体質改善と原価切り下げの必要性が強調された。

そこでGHQは米本国から優れたメンバーで構成される鉄鋼技術指導団を招くことになった。製鉄担当として参加されたミネソタ大学のトマス・L・ジョセフ教授は、原燃料の予備処理と粒度管理の重要性を説かれ、粒子間の空間を維持するボイドの概念と粒度分布を狭く保つサイジングの理念を強調された。この思想は以後日本高炉操業発展の原動力になった。

教授が八幡製鉄所を視察された機会に、著者は高炉操業の実態を説明して当面の対策を質問したところ、前述の予備処理の必要性和、硫黄・ケイ素分など不純物の低い良質原料の使用が大切とのこと。現在のような原料事情には全くかけ離れた夢物語ではないかとその時はいささか落胆させられた。やがてこの指導団の指示により業界として米国に調査団が派遣され、八幡からは当時の和田亀吉製鉄部長が参加したが、帰国後早速鉱石は全て破碎機を通し、コークスは15ミリ以下を篩い分け、アンダーサイズは焼結原料に回し、新しく日産1000トンの焼結機二基を建設して、ジョセフ教授の思想を大胆に実践に移した。

さらにこれまでの中国に代って米国から低灰分強粘結炭と高品位鉄鉱石が輸入されることになり、特にその米炭の輝きに感激したことを覚えている。

後に著者が一万トン高炉の操業について米国鉄鋼協会の講演会で発表した際、ジョセフ教授にお会いしてお礼を述べたところ、教授は「私の思想を徹底的に実行したのが日本の皆さんで、今日の発展は当然。一方米国では経営上の問題もあり私の考えを真剣には受け止めてくれなかった。」と言われて大笑いとなった。

4 合理化の推進と新技術の導入

4.1 高炉改修とカーボン煉瓦の採用

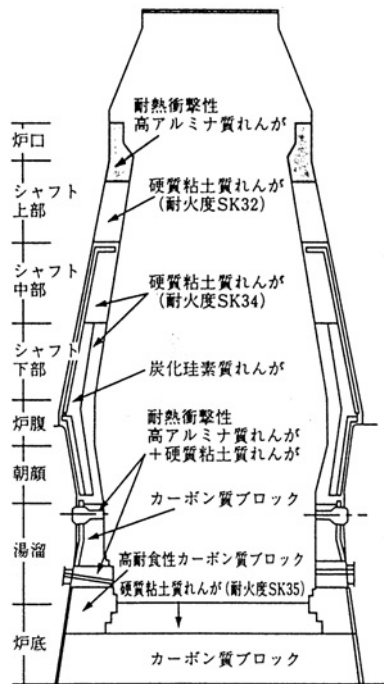
賠償指定解除によって各製鉄所は休止高炉の再開準備として炉体構造に新しい検討を始めた。昭和24年(1949)まず東田第五高炉の改修工事が開始され、著者はその解体作業を担当した。終戦でそのまま休止状態になった炉体はやや傾きながら膨脹して炉頂装入装置を約1m押し上げており、解体作業を進めながら炉内装入物の反応過程の観察や炉壁煉瓦組織の変質・崩壊・侵蝕状況などつぶさに調査する機会を得て、若い技術者にとっては最適の実物教育であり、まさに江戸時代の杉田玄白の解体新書そのものであった。炉口に近い炉壁煉瓦は耐摩耗性が必要であり、中段では還元雰囲気によって原燃料から発生するナトリウムやカリウムの塩、亜鉛の蒸気、さらに還元ガスから発生した沈殿炭素等が煉瓦組織内に侵入して激しい膨脹・崩壊現象をおこすことを知った。また炉床部では高熱溶融物に対する耐火度・耐侵蝕性とともにより強力な冷却法の必要を痛感した。

昭和26年(1951)洞岡第三高炉の改修では米国の例を参考にして炉床部側壁に熱伝導性と耐火度の高いカーボン煉瓦を採用して好結果を得た。カーボン煉瓦は1930年頃既にドイツで使用された技術であるが、続いて改修予定の洞岡第四高炉では炉底部側壁と同時に炉底面全体をカーボン構造にする検討を開始した。大型のカーボンブロックはシャモット煉瓦に比較して比重が軽く操業中炉内に浮上する危険が予想されるため、和田部長・白石芳雄課長の共同研究によって、電気炉用電極を本体とするカーボン・ブロック255トンを菱形に成型してセリ効果を持つ和白式築炉法を開発、この炉底構造によって1952年から約9年間一炉代の安全操業が達成された。以後高炉屋はアキレス腱とも言うべき炉底破損の悪夢から解放されることになった(図1参照)。

4.2 鉄鋼業合理化計画

昭和25年(1950)政府は第一次合理化計画によって荒廃した製鉄設備の更新や外国技術の導入を援助・奨励した。これを機会に平炉メーカーであった川崎製鉄は一大決心のもと欧米調査団を派遣し、昭和28年(1953)千葉に銑鋼一貫製鉄所を建設して業界に新たな空気を醸成した。昭和30年(1955)第二次合理化計画の民需増強施策に応じて八幡製鉄は昭和34年(1959)戸畑沖を埋め立ててコークス・高炉・転炉・熱延・冷延・メッキの各工場を一直線につなぎ大型港湾設備を備えた臨海製鉄所の操業を開始した。この他日本鋼管水江・住友金属和歌山・神戸製鋼灘浜など一斉に臨海製鉄所の建設を始めた。

昭和35年(1960)池田内閣は所得倍增計画を発表、45年

図1 最近の高炉内張りレンガのモデル¹⁾

度の所得を35年度の二倍にする案であるが、鉄鋼連盟は45年度の粗鋼を4800万トン、途中段階の40年度(1965)規模を3800万トンに想定したので、各社はそれに応じた三次合理化計画を企画した。この結果我が国粗鋼生産は36年(1961)にはイギリスを、39年にはドイツを抜き、アメリカ・ソ連に次いで世界第三位の鉄鋼生産国になった(表1)。

4.3 自溶性焼結鉱

原燃料のサイジングを基本理念としてスタートした我々はようやく高炉の順調な操業を維持できるレベルに到達した。次の段階として従来の粉状原料(硫酸さい・砂鉄・高炉ガス灰・褐鉄鉱粉)の資源活用と処理工程にすぎなかった焼結プロセスの改善を手掛けることにした。その目標は石灰を配合した良質焼結鉱の生産である。石灰焼結の技術は1930年スウェーデンで磁鉄鉱粉を対象に研究され、その後欧州各国でも試みられたものでその評価は使用鉱石の性状によって一定しなかった。

これまでの焼結ではその生産過程でファイヤライト($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$)が生成され、その組織は堅く還元されにくい性質であった。自溶性焼結鉱の狙いは原料の粉鉱石に石灰分を添加して、還元性のすぐれたカルシウムフェライト($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)等を生成させ、さらに高炉内の造さい反応の促進を期待するものであった。

昭和30年(1955)戸畑焼結工場の技術担当であった石川泰より自溶性焼結鉱の開発をやりたいとの提案あり、当時東田高炉掛長であった著者は東田高炉と戸畑焼結とを結んだ製

表1 昭和36年(1960)以降に建設した製鉄所³⁾

年次	社名	製鉄所	1号高炉火入れ年月日	炉内容積 m^3
昭和36~40	住友金属	和歌山	36. 3.15	1350
	日本鋼管	水江	37.11.16	1709
	東海製鉄	名古屋	39. 9. 5	2021
	八幡製鉄	堺	40. 6.24	2047
41~45	日本鋼管	福山	41. 8.26	2004
	川崎製鉄	水島	42. 4.18	2156
	八幡製鉄	君津	43.11.27	2705
	神戸製鋼	加古川	45. 8. 7	2843
46~55	住友金属	鹿島	46. 1.20	3159
	新日本製鉄	大分	47. 4.19	4158
	日本鋼管	扇島	51.11.12	4052

造・使用実験をはじめた。当初は焼結鉱の表面に点々と未反応の石灰粒が残り、砕けやすく高炉使用に耐えない製品であった。そこで石灰石の粒度を粉末に改め初めてカルシウム・フェライトの生成が見られ使用に耐える焼結鉱が生産できた。

昭和31年著者は洞岡高炉掛長に転任した機会にこの実験を完全な実証試験に位置付けるため、洞岡焼結工場と洞岡第二高炉を直結して33年6月より10か月間の長期試験を開始した。焼結使用量は50%から始め逐次増量して4か月で100%とし、11月から翌年の2月までの4か月間完全な自溶性焼結100%使用の高炉操業を行った。この長期間の操業結果として高炉生産は日産800トンから1200トンに、コークス比は650から550(コークス/銑鉄)に下がった。この成果に我々自身驚かされたが和田製鉄部長にもなかなか信用してもらえないほどの素晴らしい成果であった。

ちょうど同じ時期に住友金属・小倉製鉄所でも研究開発が進んでおり米国鉄鋼協会に発表された。以後今日まで日本の高炉は全て自溶性焼結鉱を主体原料とする操業が行われている。

4.4 重油吹き込み技術の導入

鉄鋼界の合理化政策が進展し海外の優良資源の輸入と原料予備処理の徹底はコークス比を世界のトップレベルに引き上げた。さらに重油がコークスよりも安価なことに着目して各社とも羽口からの吹き込みによるコークス比の一層の低下を検討し始めた。

たまたま石油業界から中間精製品の利用可能性について問い合わせがあり、社によって条件や内容に差が感じられるので、この際勉強が必要と考え丸善石油に見学をお願いした。大阪の丸善本社で技術部長にご挨拶、かつて潜水艦隊の指揮官として太平洋の戦場での苦労話を拝聴、敗戦に傾く大本営の作戦のまずさを昨日のこのように語られた。大いに共鳴

した後、和歌山の下津工場を紹介され石油工場を初めて見学することになった。各装置間の防爆設備の厳しさに驚かれ、火気の多い製鉄工場では中間精製品の扱いにはかなり問題があるように思いながら引き上げた。

ちょうどこのような時期にフランス・ポンペイ社によって開発された重油吹き込み技術を導入し、業界協力してこの技術の充実をはかるべく調査団派遣案が富士製鉄・技術開発部より相談があり早速参加をお願いした。鉄鋼十二社による調査団が編成され、1961年9月7日より約一か月の行程でフランス・ポンペイ社の実習を中心に欧州の実情調査を目標として羽田を出発した。

参加者は以下、富士（小田部精一・斉藤慶久・江崎澣）、八幡（中村直人・大坪茂）、日本鋼管（小林正・下間輝男）、川崎（長井保・岡部俠児）、中山（菊地正・川田敏郎）、住友（豊沢弘喜・中村為昭）、大阪製鋼（伊藤純一・新実稔生）、日新（渡辺五郎）、矢作（岩瀬実・杉浦卓）の18名と通訳・連絡役として三井物産の岡田・伊沢の両氏及び西鉄航空の伊藤氏が委嘱された。

技術導入の対象として実習と各地製鉄所の案内役を引き受けたポンペイ社をまず訪問した。ポンペイ社はかつてフランス鉄鋼業の中心地であったロレーヌにあり創立100年の歴史を持つ特殊鋼メーカーで鋼塊年産30万トン、日産200～350トンの高炉四基を持ち、1950年より重油吹き込み研究をはじめ、エヤアトマイズ方式で成功し、欧州各地の製鉄所に技術指導を行っている。また軽油の使用も検討中であった。

フランスを皮切りにイタリア・ドイツ・ルクセンブルグ・英国の各製鉄所及びIRSID研究所を訪問したが、戦時の記憶未だ消えない時期でありながら各訪問先では大変暖かいお世話を頂き、高炉という共通の問題児を抱えた強い同業者意識の存在を感じた。

また当時は各メンバーの大部分にとっては初めての海外出張でありそれだけに世話役諸氏のご苦労は大変であったが、この混成部隊で長期間の旅行中、一度のトラブルもなく全員無事に帰国することができたのは以後の活動を含めて望外の喜びであった。

また週末にはうまく旅程が配慮され、おかげで南仏のニースやモンテカルロを、さらにイタリアからドイツに移動の途中ではスイスのユングフラウ・ヨッホまでの登山電車を楽しむことができた。これらは旅程の余録ではあったが各国・各都市の風物も含めて欧州の背景の認識となり我々調査団の成果を一層盛り上げることになったと思っている。帰国後設定されたFBI（高炉燃料吹き込み技術）委員会の活動も当然であるが、委員相互にはこれまで以上に協力意識が醸成され、原燃料資源の共同開発もふくめて我が国製鉄業発展の推進力になった。

以後国内高炉は逐次燃料吹き込みを実施して予想通りの成果を出してきたが、訪問した欧州の各製鉄所は原料の予備処理が必ずしも完全でなく日本ほどの成績は出ておらず、またコークスに比較してオイルの価格が高く経済的評価も自ずから異なっていた。

5 高炉大型化の道

5.1 戸畑製造所の高炉建設

1950年に勃発した朝鮮戦争は鉄鋼業の好況をもたらしたが、原料価格は高騰し特に屑鉄は1トン35ドルから63ドルに急騰した。平炉法全盛の時代であり屑鉄不足は深刻な問題となった。八幡ではオーストリーのリンツ及びドナビッツの純酸素上吹き転炉法に注目、同じく検討中の日本鋼管と共同でこの技術を導入、1957年9月洞岡第五製鋼工場の50トン転炉で操業を開始した。経済性の高いこの製鋼法はたちまち国内各社で採用され63年には生産比率が50%を越え、やがて世界一の転炉王国になった。

また戸畑臨海製鉄所を建設中の八幡では1958年井上誠製鉄課長を中心とする欧米高炉調査団の検討結果を基本にして、59年9月我が国初の日産1500トンの戸畑第一高炉を完成した。

鉾石のサイジング、自溶性焼結、米国よりの高品位原燃料とさらにカーボンブロック炉底構造を揃えて予想以上に順調な操業を始めることができた。続いて翌年10月第二高炉の完成によりLD転炉と直結した臨海製鉄所の第一期計画が完成した。

第一・二高炉の順調な立ち上がりにより自信を得て製鉄技術課長に就任した著者は、第二期計画の粗鋼400万トン体制の早急な完成を狙って、第三・第四高炉二基の建設に変えて大容量高炉一基の可能性について検討を始めた。

問題点の一つは多銘柄の鉾石庫から原燃料をそれぞれ正確に秤量し、切り出して所用時間内に炉口部まで搬入できるか。第二の問題は出鉄作業で大量の溶融鉄・スラグに対する出鉄口マッド材の耐久能力である。すでに第一高炉では約4000トンの鉄・さいの処理は経験済みであるが、一日6000トンに及ぶ溶融鉄・さいの処理作業はその流出時間と孔径の耐久力を含めて未だ実例のない問題に直面してしまった。

原燃料切り出し・輸送能力の問題については幸い5年前東田掛長時代に原料の手押し車作業を自動秤量・ベルト切り出しシステムに改造すべく原案は完了していたが、戸畑建設の時期と重複するためペンディングになっていた。この案を基準に原燃料の自動秤量・ベルト輸送システムにより装入能力は十分可能と考えられた（フランス・ユジノールでは実施中）。次に出鉄作業の問題は出鉄口の増設以外に対処手段は

ないと決断した。これまで操業レベルの上昇につれて悩まされ続けた炉底破損はカーボンブロックの採用によって一応乗り越えたが出鉄口部分がアキレス腱であることには間違いなく、この弱点の解消には作業上の管理能力に依存することで腹を決めた。

1962年第三高炉は火入れされ出鉄作業もベルト輸送システムも問題なく、日産4000トン高炉が誕生した。以後世界の大型高炉はベルト装入と複数の出鉄口を設ける構造が定着した(図2参照)。

5.2 一万トン高炉の建設

5.2.1 大型高炉の吹き抜け

君津の建設計画は第一期で高炉二基の粗鋼500万トン、第二期を高炉四基で粗鋼1000万トンを目指した。第一・第二高炉の内容積は夫々2700m³・2880m³で日産6000トンレベルを予定し、いずれも当時としては世界最大容量で出鉄口は一高炉・二個、二高炉は三個設けた。出鉄作業はやはり操業するまで安心できなかったが、案ずるより生むがやすしで火入れ後の作業には問題はなかったが、思いもかけず吹き抜け事故を経験した。従来の高炉では操業中装入物が炉内でせりあって停滞するいわゆる棚吊り現象が発生するが、大型炉では炉の直径が大きくなって不安定な炉況になると融着層は脆弱となり燃焼帯の高温ガスが炉頂まで吹上げるいわゆる吹き抜け現象が発生した。炉内は混乱し赤熱したコークスは炉頂装置を焼き、高炉ガス管にまで達した。やむなく一旦休風して再調整を計るが、使用コークスの品質と原料の炉内分布を従来以上に厳格に管理する必要があることを知らされた。この現象は君津第一高炉で初めての経験で、以後建設された各社の大型高炉も次々に吹き抜けの洗礼を浴びることになった(図3参照)。

1969年ようやく一高炉の操業が安定し、吹き抜け問題・装入装置の改良、さらにコークスの原料炭配合理論の研究も充実した段階で、君津第三高炉を一気に一万トン容量にまで拡大できないか検討を始めた。検討項目としては先ず内容積であり特に燃焼帯の反応を支配する炉床径と、装入物の炉内分布を左右する装入装置と炉口径の問題である。続いて焼結工場新設により焼結鉱使用量100%を可能にして高炉操業に余裕を持たせること。次に高圧操業に対応すると同時に羽口よりの添加エネルギーとしてオイル・微粉炭・還元ガス等を想定して、現状の熱風炉では送風温度1200℃が限度であり、そのドームやギッター部分に構造的弱点も見られるので、是非とも1300℃を可能とする新設計の熱風炉が必要と考えた。同年7月本社の設備審議会で君津第三高炉一万トンの建設が承認された(図4参照)。

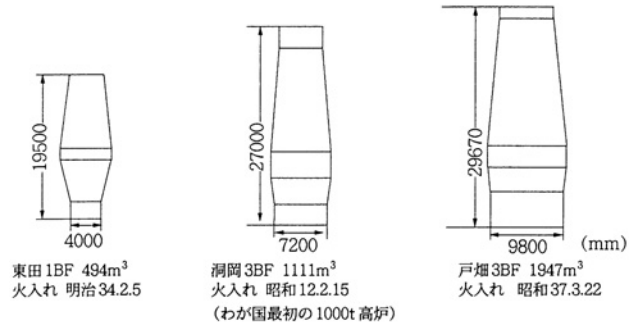


図2 高炉変遷比較図³⁾

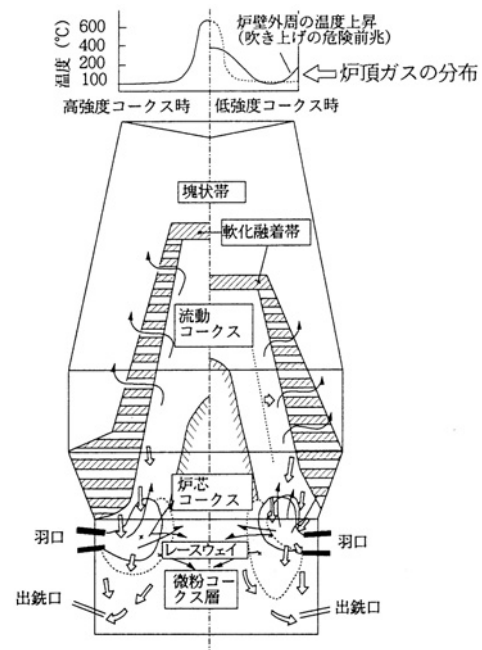


図3 高炉吹き抜け機構⁸⁾

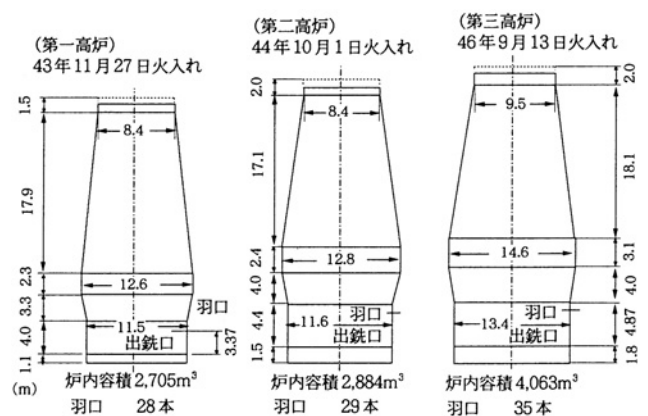


図4 君津一・二・三高炉プロフィール⁴⁾

5.2.2 高温熱風炉の技術導入

楯岡毅技術掛長・平櫛敬資炉材研究掛長の欧米調査の結果、ケイ石煉瓦を中心に設計されたドイツ・アウグスティセンヒュッテ (ATH) の熱風炉が検討に値するとの報告を受けた。建設工期に余裕が少ないため著者は直ちに技術内容の確

認と、ノウ・ハウ購入の交渉権限の内諾を得た上で法規部の梅沢治為掛長を同道して西独に飛んだ。八幡デュッセルドルフ事務所の全面的応援を得て、特に王寺睦満掛長を専属として熟練したドイツ語により総合折衝を担当してもらった。

この熱風炉の設計・施工はすべてマルチン・パーゲンステッヒャー社 (MARTIN & PAGENSTECHER AG) (M・P社) が担当しており、同社はディディア社 (Didier) につぐ西独の耐火物製造会社で月産12000トンの生産能力を持ち、各種窯炉の設計・施工をおこない、戦後約200基の熱風炉の建設経験がありATHの系列会社として活躍していた (1970年火入れ予定の加古川第一高炉用熱風炉を受注・設計中)。

ATHの担当者の案内でM・P社の社長および幹部とお会いして折衝を始めたが、耐火物メーカーとして一流であると同時に窯炉の設計・施工まで一貫した体制で豊富な経験を持ち、設計思想と煉瓦仕様を整合した上で計画に反映していることが理解できた。これまで八幡ではコークス炉でケイ石煉瓦の使用経験を多く持っており、またケイ石煉瓦の品質はむしろ欧州より優れた性能であることを知ったが、今回高温でより安定な外燃式熱風炉構造の設計・築炉に関するノウ・ハウの購入を決定、さらに先方の提案により二名の技師を八幡に派遣して建設本部及び工作本部を中心に建設予定の熱風炉も含めて技術開示と討議を行う契約を結んだ。ただ外燃式ドームの連結管部分の鉄皮構造には問題が残っていたが帰国後の宿題とした。さらに二名の技師派遣には全行程王寺掛長の同道応援があり充実した成果となった。

この契約交渉の間、M・P社の対応は非常に真面目で好意的でありおかげで愉快な一週間であった。契約書は英文で作成されたが梅沢掛長 (前述) が文法に厳しいため、M・Pの社長から日本のシェークスピアだと渾名を付けられた。会議終了後、社長室で秘書の奮闘の様子を眺めながら、社長に秘書の資格について質問したところ、秘書は少なくとも二か国語の読み書きができてさらに美人であるとのこと。社長もなかなかのハンサムで秘書を非常に大事に使っているのが印象に残った。以上関係者の努力により、君津三高炉の熱風炉はM・P社のノウ・ハウを基本に連結管構造を改良した高温熱風炉が完成、その機能を発揮することができた。

1971年3月君津の三高炉は完成したが、ちょうど景気停滞のため9月に火入れは延期された。同年春既に鋼管・福山で一万トン高炉が火入されており、以後日本は一万トン高炉時代に突入した。その後ATHシュベルゲルンに一万トン高炉が建設されたが、操業初期にはかなりのトラブルあり、日本のように容積拡大のステップを踏む機会が少なかったことによるものと思った (表2)。

表2 昭和54年 (1979) 当時の世界大型高炉

	5000m ³	4000m ³	3000m ³	2000m ³
日本	3	12	5	18
ソ連	1	—	5	19
イギリス		(1)	—	1
オランダ		1	—	1
イタリア		1	—	5
西ドイツ		1	2	5
アメリカ		(2)	2	3
フランス		1	—	3
ブラジル			1	1
韓国			1	1
その他諸国			2	17
世界計	4	19	18	74

() は建設中 (昭和54年(1979)当時)

6 まとめ

トーマス、L・ジョセフ教授の指導によるボイドの思想とサイジングの徹底から始まった日本の製鉄技術は、最適な原料としての自溶性焼結鉱の製造に成功して、以後開発の方向を自主的に選択できる基本条件が整った。続いて重油吹き込みをはじめとする送風の予備処理技術は、上吹き転炉法の導入とともに高炉の大型化が期待されるようになった。各社は政府の合理化計画に対応して次々と臨海製鉄所を企画してようやく米・ソと並ぶ製鉄王国に成長した。さらに鉄鋼連盟の1970年4800万トンの想定に沿って各社の生産規模は拡大を続け、1971年には世界初めての一万トン高炉が福山と君津に誕生した。

一方年々拡大する原燃料の需要に対応して鉄鋼業界は、各商社の活躍も含めて長期の資源開発並びに購買計画、さらには独特の大型専用船システム等、各社購買部門の共同運営によって見事な成果に繋がったことを記憶しておかねばならない。

1975年米国アームコ・アッシュランド訪問の際、微粉炭吹き込みを初めて見学した。米国の製鉄所は一般に自社炭坑を経営しており、また天然ガスの利用度が高くコークス炉の必要度が比較的低い環境にあり、日本とは条件が異なり経済的には直ぐに導入の必要はないと解釈したが、後年石炭資源の拡大利用対策として微粉炭吹き込み技術が導入され、現在では全高炉に活用されている。

また同時期に西独・ベルクバウホルツシュング研究所を訪れディディア社と共同開発のプレカーボン法の実炉試験を見学、そのシステムの合理性に賛同して技術導入を進めることにした。これはコークス炉の装入炭を200℃まで予熱して密度をあげ炭化時間を20%短縮して生産性35%の向上を期待

するもので、室蘭の第五コークス炉に採用することができた。ただ残念なことは以後国内ではコークス炉の建設計画はなくプレカーボン法は一基にとどまっている。

これまで歩いてきた道程を振り返るとき、新しい高炉操業法・資源開発・炉体構造・コークス製造法などその解決法を積み上げて日本鉄鋼業は今日の姿に成長してきたが、世界を覆う経済不況に直面して今後は更なる研究開発と新たなプロセスの展開を期待するものである。

参考文献

- 1) 芹沢正雄：洋式製鉄の萌芽，アグネ技術センター，(1991)
- 2) 川崎勲：日本鉄鋼業－その奇跡－，鉄鋼新聞社，(1990)
- 3) 所史編纂委員会：八幡製鉄八十年史，(1980)
- 4) 君津製鉄所：君津製鉄所二十年史・日々新たに，(1985)
- 5) 田部三郎：鉄よ永遠に，日本鉄鋼原料史（上下巻），鉄鋼新聞社，(1982～3)
- 6) 平櫛敬資：高炉耐火物の変遷並びに耐火物概論，岡山セラミック技術振興財団，(2001)
- 7) 江崎 澣：欧州における高炉への燃料吹き込み，第一回技術調査団報告・BFI委員会，私信，(1962)
- 8) 石川 泰：Some Consideration on the Operation of Large Blast Furnace，INTERNATIONAL IRON AND STEELMAKING DAYS ON SINTERING AND PELLETIZING，PARIS，(1975)
- 9) 吉岡憲吾：M・P社外燃式熱風炉技術の導入関係議事録，私信，(1969)
- 10) 中村直人：高炉物語，アグネ技術センター，(1999)

(2002年2月25日受付)