



鉄鋼製錬工学部門における 30 年 —試験溶鋳炉 27 年のあゆみ—

Thirty years of ferrous metallurgy laboratories

—Twenty seven years history of experimental blast furnace—

館 充*

Mitsuru TATE

鉄鋼製錬工学部門の創設以来今日まで、この部門における研究の重要な柱となってきた試験溶鋳炉について、その運用方針と設備の推移、成果などの概要を述べた。

1. は じ め に

生産技術研究所の発足とともに鉄鋼製錬工学部門が創設されてから 30 年が過ぎ去った。最初にこの部門を担当された故金森九郎教授は昭和 36 年 5 月に富士製鉄（当時）に転出され、そのあとを継がれた雀部高雄教授は昭和 42 年 6 月に病死されたため、定年まで部門を担当して在任したのは私が最初である。そこで、私はこの部門の 30 年の回顧を試みることにした。といって私に二人の先輩教授の業績のすべてを語る資格があるわけではない。私のなしうことは、私自身が 30 年近くの間とりくむこととなった試験溶鋳炉が、どの時期に何を目的として、どう動かされてきたかを述べることである。

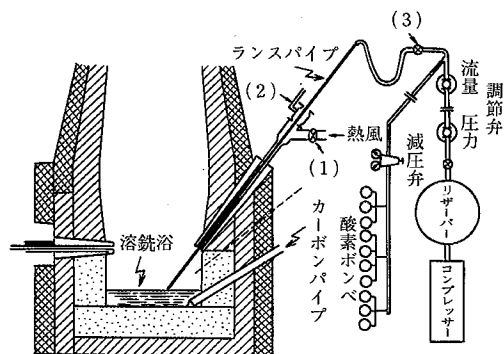
2. 創設期—未利用資源の活用をめざして

試験溶鋳炉（以下試験高炉）は昭和 30 年、金森教授によって創設された。その目的は同教授の発明である高炉湯溜吹精法によって、ラテライト（紅土）鋳を鉄鉱石として活用するための研究を行うことにあったが、これにはつぎのような背景があった。

日本の鉄鋳業は昭和 25 年 6 月に勃発した朝鮮戦争を契機として復興のピッチを速め、その翌年から始まった第 1 次合理化を経て、30 年にはすでに 950 万 t の粗鋼を生産するにいたっていた。またこの第 1 次合理化期には、それまで高炉をもたない単独平炉メーカーであった川崎製鉄、住友金属、神戸製鋼の 3 社が、屑鉄依存体制からの脱却をめざして鉄鋼一貫メーカーとなったこともあり、鉄の生産量も 30 年には戦前の水準をこえる 510 万 t に達するという勢いにあった。こうした状況のもとで鉄鋼業をさらに発展させるためには、鉄鋳石を確保しなければならないという認識が深まり、昭和 27 年八幡製鉄、富士製鉄、日本鋼管の 3 社により海外製鉄原料委員会が設立され、海外資源の開発・輸入のための長期計画

が練られる一方、砂鉄・硫酸滓などの国内資源や近距離にある未利用資源の活用のための研究が活潑に行われた。東南アジア各地に埋蔵されているラテライトも有力な未利用資源の一つとして注目され、その処理のための研究が多面的に行われた。金森教授の研究はその一翼を担うものであった。

ラテライトには数%の Cr とこれより少ない Ni が含まれており、これを高炉で製錬してえられる鉄には普通鋼の原料鉄としては余分な Cr が含有され、しかも製鋼工程で酸化クロムを生成してスラグの粘性を増大させるという好ましくない効果をもつものとみられていた。金森教授は、この問題を湯溜吹精法の適用によって解決しようとしたのである。湯溜吹精法とは、図 1 のように高炉の湯溜に貯留されている溶鋳浴に、傾斜の大きい羽口（吹精羽口）を介して、外部からランスパイプ（鋼管）を突込み、これから酸素、空気、酸素富化空気、窒素、水蒸気、炭酸ガス、石灰粉、合金鉄粉などを吹きこんで、不純物元素の酸化除去、脱硫などの予備製錬を行う方法である。もともとは溶鋳中の Si の脱除と、これによる昇温・脱硫促進法として、戦後間もなく着想され、



吹精用羽口と炉内溶鋳温度測温管

図 1・湯 溜 吹 精 法

カーボンパイプは溶鋳浴側に閉じており、その内面温度を測定して溶鋳温度の変化を追跡するのに用いる。

* 東京大学名誉教授

昭和26～27年八幡製鉄の3t試験高炉による同社との共同研究を経て定型化をみたものであるが、このさい溶銑中Crの酸化脱除に関する予備実験も行っており、低温酸化が問題解決の鍵という見通しを得ていた。これを本格的に実施しようというのが試験高炉建設の目的だったのである。なお金森教授はかねて、大学の工学部は学生実習のための実験工場をもつべきであるという見解を抱いておられ、試験高炉もその一部として運用するという方針をうちだされた。この方針にしたがって昭和30年3～4月の第1次操業以来現在まで（昭和56年8月第29次操業）、操業は毎回、国公私を問わず、全国各大学の院生・学生（主として金属工学系）の参加のもとに行われ、その総数は、859名に達している。

第1～3次操業において安定操業の条件が一応確立され、昭和32年3～4月の第4次、同年8月の第5次の2回の操業でラテライト処理—脱Crの研究が行われた。これによって脱Crのための最適温度範囲が把握され、溶銑への粉体吹込みに関する新しい知見を得るなど、直接間接の成果はあったが、湯溜で脱Cr操作を行うことにはいくつかの問題があることも明らかになり、実用化にはいたらないままに終わった。この後試験高炉は三池炭（単味および配合）コークス、砂鉄多配合（含チタン）焼結鉄、高アルミナ鉄石などの国内資源や問題資源の試験（34年3～4月の第8次操業まで）、さらには羽口からの還元性ガスの吹込み試験（36年3～4月の第11次操業まで）を目的として動かされた。

しかし、この頃国内資源や未利用資源の活用の研究は鉄鋼業界のニーズとは無縁なものとなりつつあった。インドの新鉄山（ルールセラ、バイラディラ）の共同開発が始まり、オーストラリア政府が伝統的な地下資源禁輸

政策をあらため、それまでの北米に加えてチリー・ペルーなど南米諸国からの輸入も始まるなど、海外優良鉄石の輸入の展望がますます明るくなっていた。戦後の高炉の立直りを促したアメリカ炭を主とする輸入コークス用原料炭の比重は、国内石炭産業の斜陽化とともに高まる一方であった。遠隔地からの輸入であるが故の高価格に対しては、輸送と荷役の合理化によるコスト低下によって、また製鉄から圧延までの全生産工程の近代化、とくに新臨海製鉄所の建設による原単位の向上によって対処すべく、第2次合理化が行われて成果をあげていた。優良輸入資源依存の生産体制が着々と固められていたのである。第9～11次操業における羽口からのガス吹込み試験は、こうした情勢のもとで技術導入の直前にあった燃料（重油）吹込みを先取りしたものであり、原料問題からの路線の転換にほかならなかった。

試験高炉とその付帯設備にも問題があった。それはもともと旧日本製鉄の1t試験高炉および八幡製鉄の3t試験高炉と付帯設備を手本として設計されたもので、全体として手本の技術水準を遠く抜くものではなかった（写真1）。すなわち原料およびコークスの整粒設備を備えてはいたが、いずれも野積であり、その秤量、装入バケット捲揚機および上・下ベル開閉機構の運転は、出銑・出滓口の開閉とともに、人力によっていた。送風量の調節は手動と自動の併用であった。ステンレス鋼管式熱風炉の能力は出口送風温度600°Cを保障するものであったが、熱風輸送系の保温が不十分で温度降下が大きかったため、環状管入口に送風電熱器（当初20kW、後に40kW）を設けてその補償をはかっていた。高炉本体（内容積0.53m³）は、湯溜吹粉を行うため、湯溜高さを大きくし、溶銑浴を外部から誘導加熱することの特徴としていた（図2）。出滓口以下に巻いた水冷銅外皮、その上シャフト下部までの鉄皮を、いずれも二つ割りとして電氣的に絶縁していたのはこのためである（写真2）。シャフト上部は鉄帯締めで手本とした二つの炉の面影をとどめていた。なお内径1寸の下向き（15°）通常羽口4本のほかに、傾斜の大きい（60°）吹粉羽口を備えていたことも初期の試験高炉の特徴であった。

電熱器による熱補償を加えても、実質送風温度は500°Cに満たなかったし、深い湯溜は15～20kWの誘導加熱電力によって放熱を補償できても、高炉の一部としての機能を果たすには問題があった。したがって操業成績は送風湿分の低い3～4月で、鉄石/コークス（ o/c ）=0.85（コークス比 $\approx 1.8t/t$ ）、出銑量 $\approx 1t/d$ の程度であり、ガス利用率（ $CO_2/CO+CO_2$ ）は11～13%にすぎなかった。高品質のコークスと整粒鉄および自溶性焼結鉄の使用、送風の調湿とそれにみあう送風温度の上昇によって、35年には600kg/tというコークス比を達成するまでにいたっていた生産高炉のモデルとしては、試験

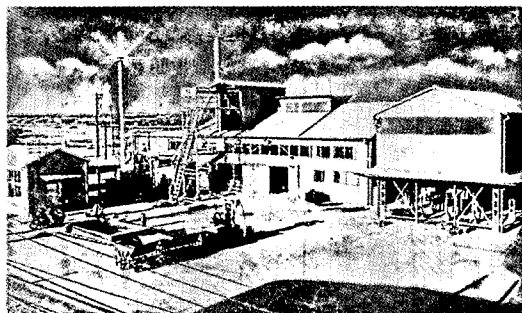


写真1 初期の試験高炉設備全景

完成直後の設備全景で、中央の建屋内に試験高炉が置かれている。右側建屋には鉄石破砕機と振動篩などの原料整粒設備、左端の小さい建屋に送風機が設置されている。送風機室右側の白い煙突の下に熱風炉、その右手前に捲揚運転室がある。なお写真中の熱風炉は第1次操業中に熱交換器が破損したため、すぐより大型のものに置換えられた。写真5にみえる煙突は改造後の熱風炉用のものである。

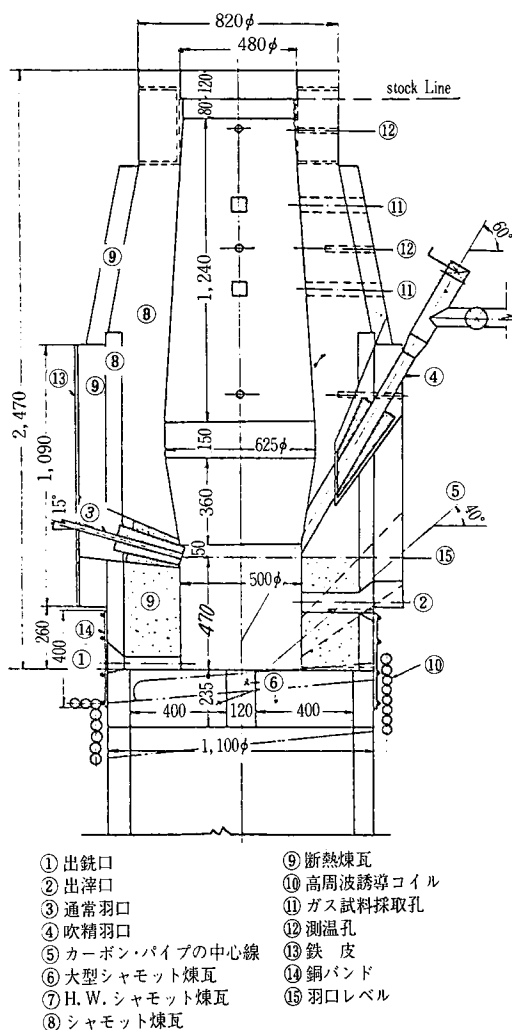


図2 第5次試験高炉

溶鉄浴を直接誘導加熱するようになったのは第3次炉以降であり、第1・2次炉では炉底部をカーボン・ブロックで築き、このブロックを誘導加熱していた。

高炉は余りにも貧弱なものだったのである。

このため昭和35年、炉頂ガス圧を 0.5 kg/cm^2 に上げてガス利用率の向上とコークス比の低下をはかるため、原燃料整粒設備と熱風炉を除く主設備の大改造を行った。すなわち高炉本体については、湯溜の径をやや大きく、高さを小さくし、保温を強化して誘導加熱を廃止するとともに、鉄帯・鉄皮式を全鉄皮式とした(図3、写真3)。送風機(低圧、高圧各1台)と送風系統、炉頂装置(旋回シュートつき、2ベル式、写真4)と排ガス処理系統も当然改良された。とくに熱風輸送系については、全体としてその系を小さくするとともに、熱風本管および環状管を内側耐火キャスター、外側断熱煉瓦巻きの2層構造のものに変え、耐熱性と断熱性の強化をはかった。

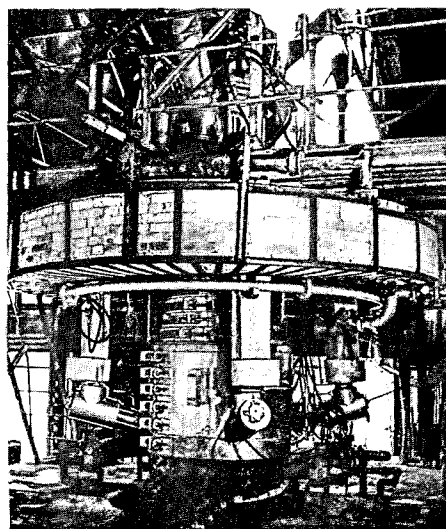


写真2 初期の試験高炉外観

デッキの直下にみえる煉瓦積は環状管保温用断熱煉瓦、その下の白い垂直管(写真では3本、高炉本体の裏側にもう1本ある)が羽口支管(保温外皮)である。羽口の直上がふくらんでいるのは、ここに送風量の加減弁が取り付けられていたためである。デッキの上に銀色のアプテーク(排ガス上昇管)がみえる。羽口が取り付けられている部分は鉄皮、その下が銅外皮、鉄皮の上は鉄帯である。

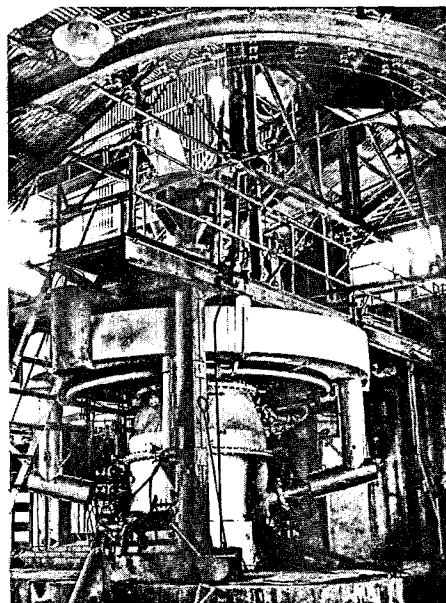


写真3 第1次改造後の試験高炉外観

全鉄皮式となっているほか、環状管、羽口支管などが初期のものに比べて細くなっている。

また装入系をスキップ垂直捲上—水平コンベア的方式に変え、これらの運転を施回シュート、上・下ベル、均圧弁などの動作とともに自動化した。

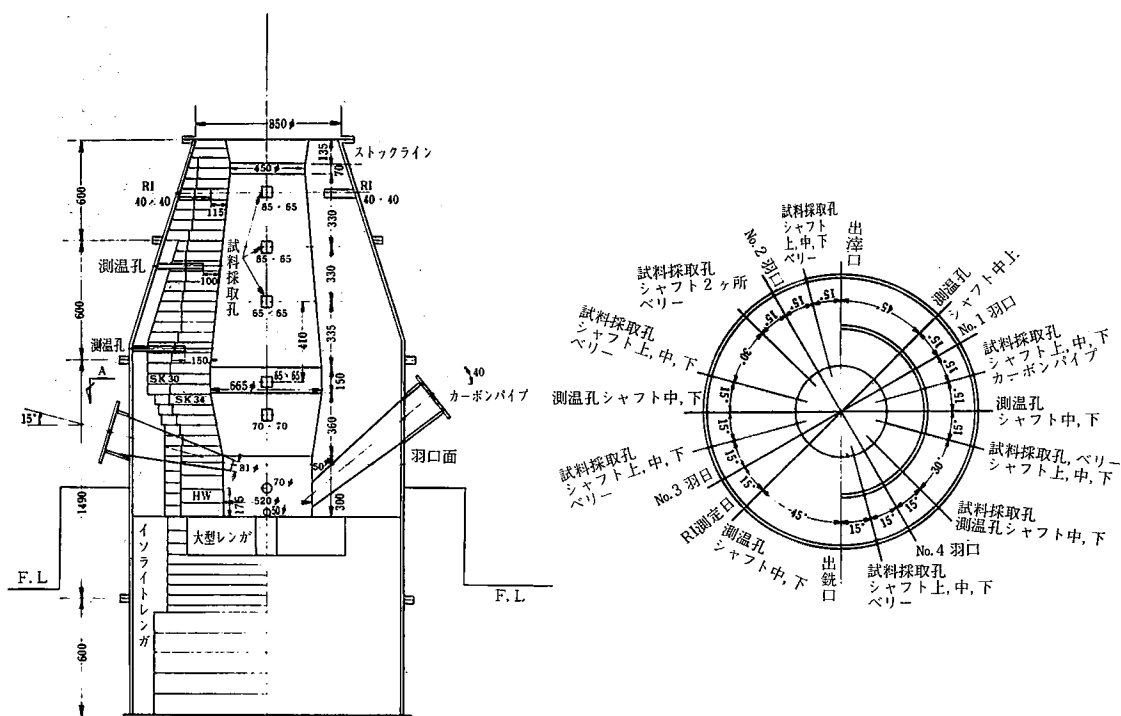


図3 第16次試験高炉

この段階では吹精羽口は廃止したが、カーボンパイプは炉内溶銑温度測定用として、引続き取付けていた。ただしその損傷が著しく、しばしば取換えのための休風を必要としたので、やがてこれも廃止した。

翌36年3～4月に行われた第11次操業では、設備上の理由で高圧操業は実現できなかったが、送風温度の600°Cへの上昇によって o/c が1.0まで上がり、改造の効果があきらかになった。

しかし、この頃金森教授は連続製鋼法に関する研究の一環として新たに着想されたサーキュラー・コンバーター（ドーナツ型転炉）の実験に取り組んでおられた。これと並行して試験高炉の操業は続けられていたが、明らかにその新たな位置づけが必要となっていた。

3. 転換期—「高炉」そのものの研究をめざして

雀部教授が在任された昭和30年代後半から40年代の初めまでの時期は、いわゆる高度成長期の前半にあたり、鉄鋼業も30年代前半の第2次合理化に続く第3次合理化のもとで、急成長を遂げつつあった時期である。32年から続々と導入された純酸素上吹転炉が平炉に代わって製鋼法の主流の地位を占めるようになり、これによる溶銑の需要の激増を刺激とし、各種の新技術—複合（重油吹込）・高温送風、高圧操業、高塩基度焼結鉱—を裏づけとして、高炉の大型化が始まり、操業成績はさらにいっただんと向上した。こうしてわが国では高炉—転炉の製鉄技術体系が圧倒的な優位性を確立しつつあったが、諸外国では昭和20年代後半（1950年代前半）から30年代後半（1960年代前半）にかけて、高炉によらない製鉄法の

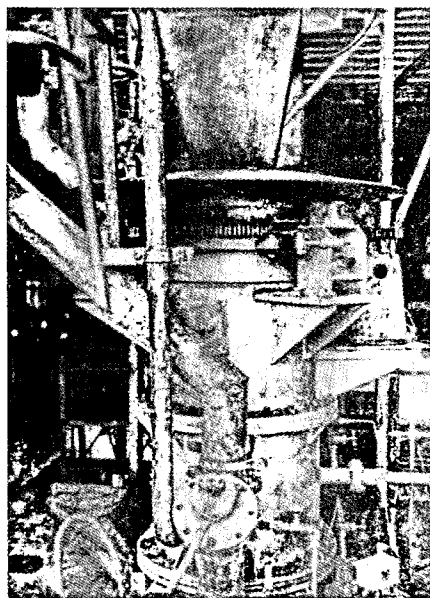


写真4 改造後の炉頂装置外観

一番下のフランジで下カップ、その上のフランジで上カップが固定されており、さらにその上にみえる歯車が旋回シュート駆動用のものである。中央上部にみえるのはその上にある水平コンベアからの原料を旋回シュートへ送るシュートである。なお手前にみえる傾斜管はアプテークでこれも初期のものに比べて細くなっている。

新しいアイデアや試みがつぎつぎに現れ、その将来の展望の真剣な検討を迫っていた。そして 33 年には日本鉄鋼協会に共同研究会の一つとして新技術開発部会が設置され、直接製鉄法はその一つの研究課題としてとりあげられていたのである。

雀部教授は、この部会の中心的メンバーの一人として活躍されたが、この問題にたいする同教授の解答はつぎのとおりであった。

(1) 原料やエネルギーなどの条件の変化によって直接製鉄法の工業化が早まることはありうるが、これまでに開発された方法には溶銑製造法としては高炉より不合理な点もあるので、むしろ還元機構にまで遡って基礎研究をすすめる、原理的にすぐれた方法を探索すべきである。

(2) 一方高炉はいくつかの弱点を内包しているが、新しい技術の適用によってつねに新しいものとなっているという長所があるので、その可能性を汲みつくすための研究をすすめるべきである。

同教授はこの立場から、試験高炉を高炉そのものの研究の手段として位置づけ、その推進のため、所内・所外に共同研究のための組織をつくられた。所内のそれ(試験溶銑炉委員会*)は管理運営の組織であるとともに、さまざまな専門分野の研究者の指導・協力をも受けるための組織として構成し、そこでの継続的研究課題を高炉の「総合自動化」と設定された。これは同教授がオートメーションを「全産業的な技術体系を根本的に変革・飛躍させ」るものとして、「他の技術の発展から区別してとくに重要なものとみる立場をとって」おられたことによるものであった。一方所外の組織(日本鉄鋼協会試験高炉委員会**)は、それまで操業のつど鉄鋼業界から受けてきた援助や協力を恒常化し、学会の場で高炉の専門家の協力と批判を求めるためのものとして位置づけられた。

これ以後試験高炉は内外二つの委員会の同意をえて、

(1) 操業成績を改善するための処置をとりながら、特定課題に関する試験を実施する。

(2) 高炉プロセスの自動制御をめざす研究をすすめるながら、可能なところから自動化を実行する。

という方針に沿って運用されることとなった。ただし雀部教授は直接には、還元に関する基礎研究や鉄ホイスカの製造(大蔵明光助手-当時一担当)などの新しい可能性を探る研究を指導され、試験高炉による研究の具体化と実行は私に任せられた。こうして昭和 37 年から 41 年まで、微粉炭吹込(第 12~15 次操業)、送風限界(第 16, 17 次操業)を試験課題として 6 回の操業が行われ、この間に試験高炉は設備・操業の両面で大きく改善された。設備面では原料およびコークスの受入・貯蔵設備の新設と既存整粒設備の配置換え、ならびにコンベア輸送化によ

って原料処理作業が半自動化された。また装入原料の自動秤量設備の新設とこれへの貯槽からの原料補給のコンベアによる半自動化によって、装入作業の自動化が大きく進んだ。さらに送風機の回転数制御による送風量の自動制御(第 3 部沢井善三郎教授-当時一および稲葉博助手の設計による)が完成し、出銑・出滓口の開閉の機械化が行われた(図 4、写真 5)。

こうして送風・装入条件が安定したのに加えて、各羽口支管ごとに 2 次送風電熱器(当初 7 kW、後に 20 kW)を設けたことによって、送風温度の 650°C までの上昇が可能となったことは、高塩基度自溶性焼結銑の 100% 使用、送風量の最適化などとあいまって、操業成績の顕著な向上をもたらした。すなわち第 16 次操業では o/c が 2.0 に上がり、コークス比は 820 kg/t に低下し、出銑量は 2.75 t/d に増大した。ガス利用率も 28% に向上した。

研究課題の面でも微粉炭吹込み試験で、高揮発分の国内炭により、約 1.2 倍のコークスを置換し、コークス比を 740 kg/t まで下げること成功したほか、プロセスの自動(計算機)制御の前提条件としてとり組んだ炉頂ガス組成の連続分析法の開発研究(桑野芳一助手-当時所外一担当)にも成功した。ガス分析の連続化とガス利用率の向上は炉内で進行する還元反応と熱的状态との経時変化の把握を可能とし、これを通じて試験高炉の特性の認識を深めるのに寄与した。

こうして試験高炉は、高炉の研究手段として一定の役割を担うものとなった。

4. 高炉操業の限界を求めて

私は昭和 42 年 10 月以降試験高炉の運用にかかわるすべての責任を負うようになったが、41 年 5 月から 43 年

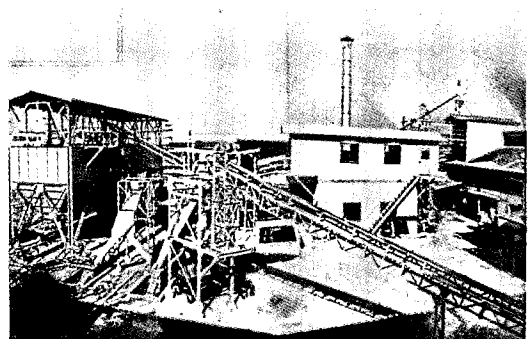


写真 5 貯銑槽設置後の原料処理設備

左端が屋根つき貯銑槽、その右手前が銑石用振動篩、さらにその右手前がコークス用振動篩である。銑石破砕機はコークス振動篩の後に置かれている。煙突直下の白い建物は原料自動秤量室で、上にコークス、銑石などの 1 日分の使用量を受入れる小ホッパー、下に秤量機がおかれている。右上方の煙突様のものはブリーダー(ガスとばし)で、これも初期のものとは変わっている。

* 初代委員長は、江上一郎教授-当時一

** 初代委員長は故辻畑敬治氏-当時八幡製鉄常務取締役-

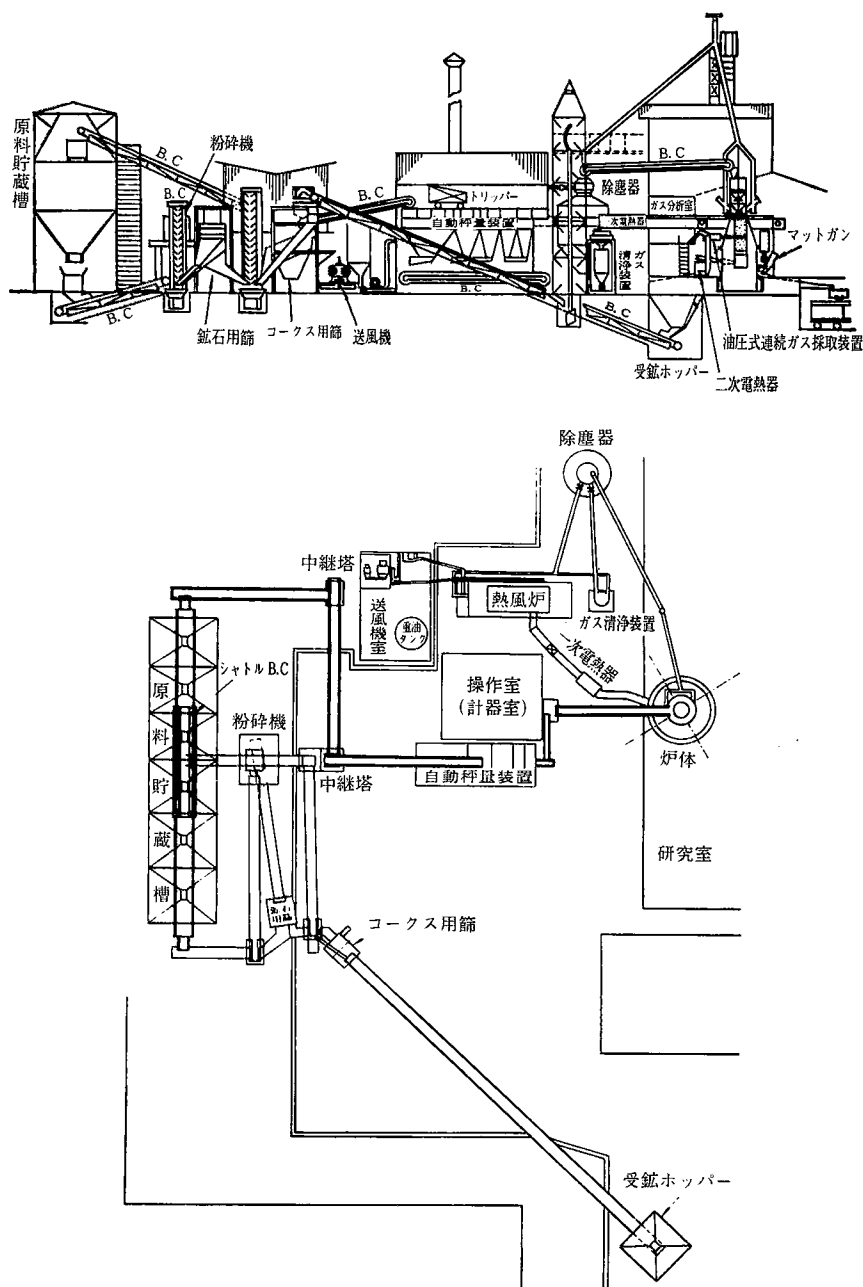


図4 貯鉛槽設置後の設備配置図

3月までは専任、以後46年6月までは併任の形で工学部冶金学科の冶金反応工学講座を担当していたため、金森研究室時代からの同僚であった中根千富講師（後に助教授）に実行責任を負っていただいた。この頃高度成長の矛盾がさまざまな形でふきだし、その大学における発現形態である「大学紛争」の嵐のなかで、付置研を含めて大学全体の研究・教育のあり方がきびしく問い直された。

鉄鋼業におけるこの矛盾は環境汚染をめぐる問題として現れ、原燃料の荷揚げ・貯蔵・輸送工程・焼結工場・コ

ークス製造工場を含む製鉄部門でとくに鋭かった。このため鉄鋼業はクリーン製鉄所の実現という新しい課題に直面することとなったが、高度成長は48年まではひき続き進行して1.2億tの粗鋼生産に達し、製鉄技術もさらに前進して、内容積4000～5000m³、出鉄量1万t/日の超大型高炉が出現した。

この間試験高炉ではまず40年（第16次操業）から始まっていた送風限界の試験を44年（第20次操業）まで継続し、つぎのような成果をあげることができた。

(1) 炉内装入物の流動状態をガス圧の微小変動によって判定する方法を開発して、試験高炉の送風限界が熔融生成物のフラッキングによってではなく、固体装入物の流動によって規定されることを把握した。また通気・荷下がり（装入物の降下運動）状態の経時変化特性に関する知見を深めた。

(2) 試験高炉での試験の結果とコールドモデルによる実験および小型生産高炉での調査の結果とを総合して、一般に高炉では高温域での局所的なフラッキングを契機としてコークスの流動が始まり、炉頂にまで達する大規模な吹抜けがocこりうることを示した。

雀部教授の遺志に添って、自動化の研究も続けられたが、これについてはやがて徐々に路線を変更することとなった。その直接の理由は短期間の操業を前提とする試験高炉を自動制御の直接の対象とすることが難しいという点にあったが、高炉のプロセス制御の中心課題が通気・荷下がりをいかにして正常に保つかという点にあり、この課題を解決するためには、高炉の内部構造に関する認識を深めることがより重要と考えられるようになったということが本質的な理由であった。そしてこのような見解は、一方では炉熱制御モデルによる計算機制御の適用の経験を通じて、他方では大型高炉の安定操業にたいするきびしい要求を通じて、多くの製鉄技術者・研究者が抱くようになった共通の見解でもあった。昭和43年から約10年にわたって多くの生産高炉の解体調査が行われたのも、高炉の炉内状況に関する情報をえることを目的として、試験高炉を積極的に運用すべきであるという「世論」が形成されたのも、この見解を背景にしていることであった。

私はこうした状況をふまえて、試験高炉の当面の運用方針を、炉内状況に関する操業状態での調査を行いながら、高炉プロセスのいま一つの限界であるコークス比の低下限界を規定する要因を実験的に探求することと定めた。そしてこの方針を実行するため、昭和45年、試験高炉委員会の特別の援助のもとに基本設備の改造を行った。すなわち、

(1) これまでの熱風炉と1次および2次送風電熱器をアルミナペブル充填型蓄熱式熱風炉（2基、図5、写真6）に置きかえるとともに、熱風輸送系（本管、環状管、羽口支管、羽口）を改造して、送風温度の飛躍的上昇をはかった。

(2) 高炉本体の高さを約1 m大きくしてガス利用率の向上をはかった。

(3) 環状管を作業床の下に移設して、各種炉内調査のための作業空間の創出をはかった。なお同じ趣旨と実質送風温度上昇の目的を兼ねて羽口本数を3本に減じ、その内径を35 mmと大きくした（写真7参照）。

昭和46年から49年までの間には、新設・改造設備の

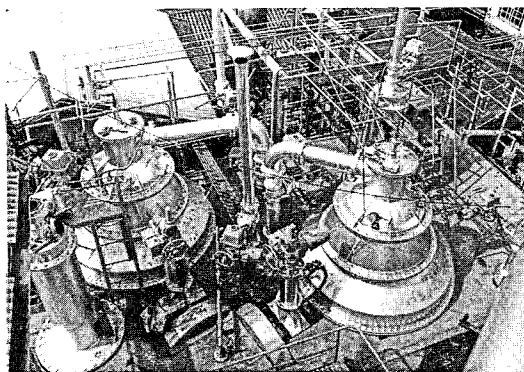


写真6 ペブル充填型蓄熱式熱風炉（2基）の俯瞰

蓄熱式熱風炉を上から撮ったもので、頂部にバーナーが取り付けられている。そのすぐ下の水平管は2次空気管、中央下部に熱風弁がみられる。

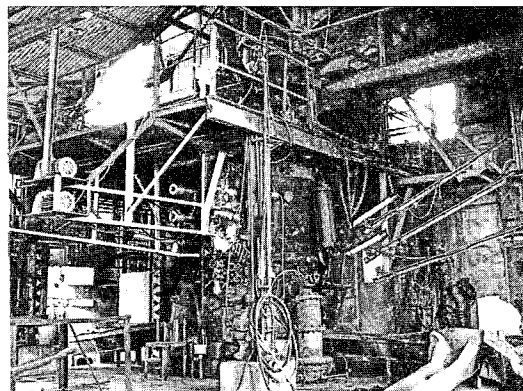


写真7 最近の試験高炉外観

炉高の延長分のかかなりの部分は炉体のデッキ上へのはり出しで対処できたが、残りを作業床の低下で吸収せねばならなかったため、デッキ支柱が下駄をはいた形になっている。中央の柱のすぐ右に下から立ち上がっているのが羽口支管であり、環状管はこの下にある。支管の右上にみえるのが出鉄口閉塞用マッドガンのエアシリンダー、その右の傾斜管が固液試料採取ゾンデ（炉下部）のガイド兼気密機構である。左側には同じ方法で炉上部から固体試料を採取するための装置がついているが、こちらの方は水平である。

試運転と再改造、高炉本体および羽口の構造に関する若干の試行を含みながら、上述の方針に従って5回（第21～25次）の操業を行った。この間高温送風（ $\sim 850^{\circ}\text{C}$ ）の適用とガス利用率の向上（37～40%）により、操業成績は顕著に向上し、2.5以上の o/c 、650 kg/t前後のコークス比、3.5 t/d以上の出鉄量が常態化するにいたった。またファイバースコープによる直接観察法の開発や高温域からの固液試料採取法の確立によって、レースウェイとその近傍での固液物質の運動やメタルへのSiの移行挙動などに関する知見がえられ、試験高炉に関するかぎ

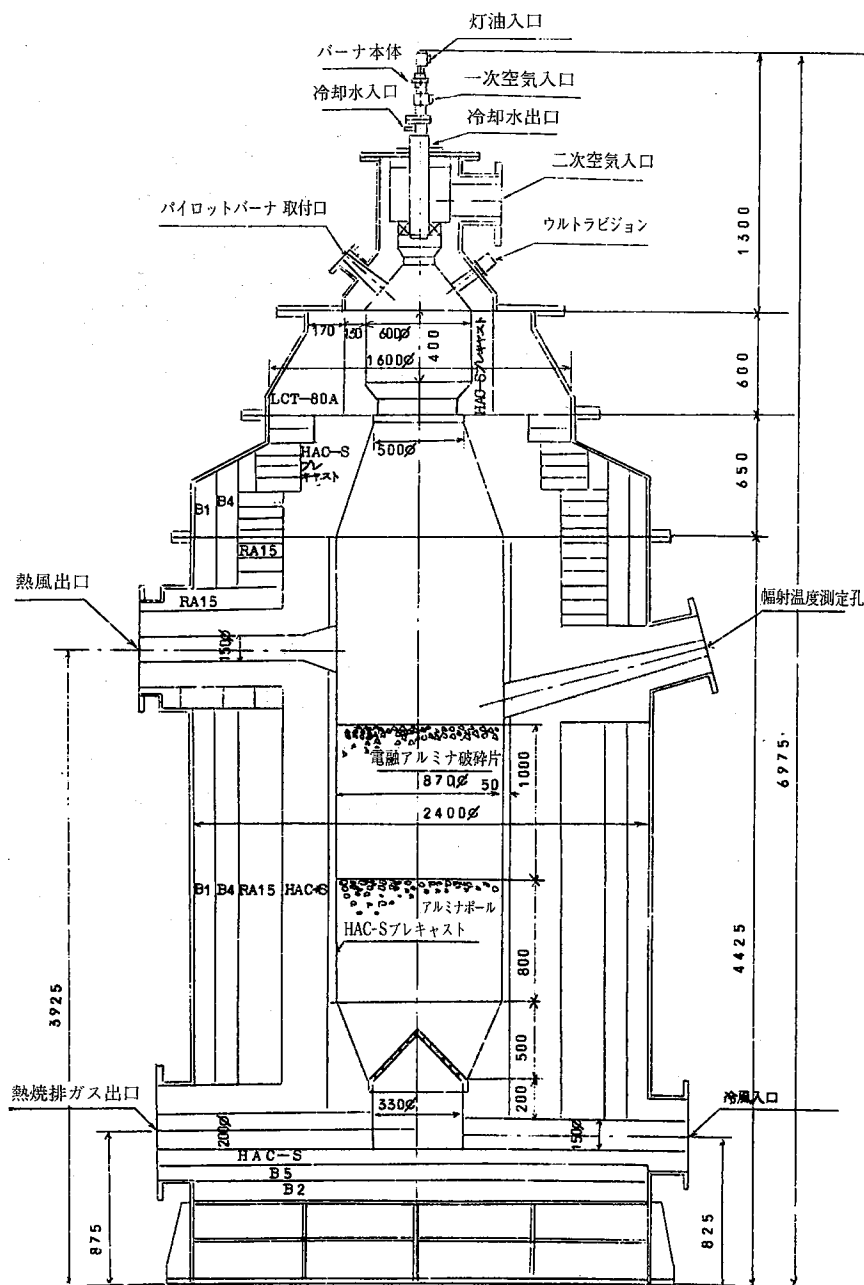


図5 アルミナペブル充填型蓄熱式熱風炉

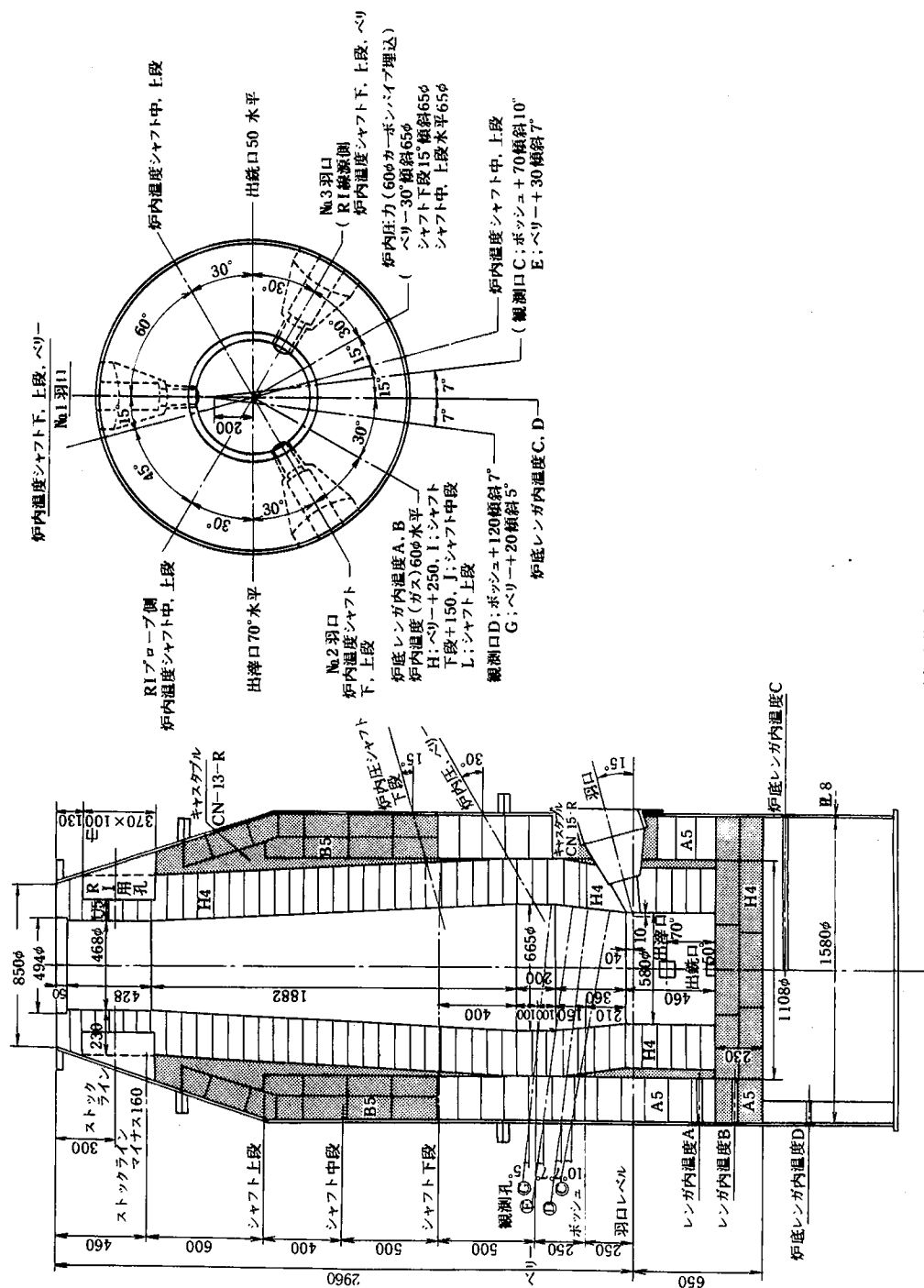
り、ブラックボックスに窓をあけることに成功したといえる。

しかしコークス比の限界に関する試験は、新設・改造設備の試運転と再改造の時期に行われたことや、コークス比を低下させる手段として採用した天然ガスの吹込みがよい効果を与えなかったことなどのため、概して不首尾であり、わずかに低反応性の石油コークスが初期の結果を与えたにとどまった。そして私は、以下に述べるよ

うに、この問題の検討を保留したまま、再び路線を変更した。

5. 新しい展望を求めて

第1次石油危機の直後にあたる昭和49年は原料炭の輸入量が5890万tというピークに達した年であったが、このとき石炭は価格の急騰を伴って著しい供給不足に陥っており、このため不洗炭を含む低品質炭が多量に輸入



高炉本体プロフィール

図 6 第 25 次 試験 高 炉
観測口はファイバースコープによる炉内観察や調温などのためのゾンデ挿入口である。

された。この結果コークスの品質が低下し多くの高炉が不調に悩んだが、試験高炉でも、たまたまこの年に行った第 25 次操業の後半にこの低品質コークスを使用することとなり、ある種の異常炉況を経験した。この異常炉況は操業上の困難を招くほどのものではなかったが、このときファイバースコープによる炉内観察を行っていたことから、それがコークスの炉内での劣化—細粒化によっておこったものと推定されたのである。このことは高炉が良質のコークスを不可欠の前提として存立しうるのであり、したがってその将来の命運が原料炭の供給条件とコークス製造技術の発展とにかかっていることを、あらためて教えた。同時にそのことは、試験高炉でも条件によっては、そしてとくに検出手段次第では、それまで難しいと考えてきたコークス品質に関する調査を行いうることを示すものでもあった。私は比較的早くからコークスと石炭を製鉄分野の境界領域にある研究対象と考えていたが、これを契機として試験高炉の活用をも含めてまずコークスの研究を始めることとした。そしてこの方針に沿って、昭和 50 年以後、コークスの炉内挙動の調査を直接間接の目的とする試験高炉操業を 3 回 (第 26, 28, 29 次操業) 実施した。なおこの間にコールドボンドペレットに関する試験 (第 27 次操業) を行っているのは、鉄鋼業が直面していた省エネルギーの課題への一つのアプローチとして、このペレットが非焼成の事前処理鉱であることに着目したものであったが、それをこえる意図もあった。それは、これを機として、現代高炉のもう一つの前提である鉱石事前処理へも研究分野を拡げ、コークスの研究とあわせて、製鉄技術の将来を広い視野から展望したいということであった。

これらの操業は事前・事後の基礎研究と結合して行われ、操業中には既開発の検出端はもとより、酸素プローブ (省部実研究員担当) やオプティカルファイバー (測温用) などの新しい検出端による炉内状況の調査を積極的に行った。

コークスにしても、コールドボンドペレットにしても、その性状、とくに高炉内での挙動を規定する要因とその制御法の問題は、現在多くの技術者や研究者が取り組んでいる問題であり、試験高炉での調査によってえられた成果も限定的なものである。しかしとくにコークスについて、その試験高炉高温域における劣化—細粒化挙動が反応劣化度指数— CO_2 との反応後の常温 I 型ドラム強度指数の反応率の上昇に伴う低下率—とよく対応すると

いう事実を、原料と製造法の異なる 3 種のコークス (通常・成型・ピッチコークス) について確認したことは、問題の本質を示唆する有益な知見であったと思われる。端的にいうと試験高炉使用粒度 (10~20 mm) のコークスの反応劣化度指数は、固有の反応性ととともに、製造法によってある程度制御しうる構造因子 (気孔構造など) よりも、原料炭の品質に強く依存する組織因子 (炭素基質の組織構成) に敏感な指数である。この指数が試験高炉内での種々の劣化要因に対する抵抗力、すなわち耐劣化性とよく対応するという事実は、耐劣化性が組織因子すなわち原料炭品質によって強く支配されることを示すものである。それゆえコークスをめぐる問題の本質はコークス製造技術の進歩によって、組織因子の改善というきわめて困難な課題を解決できるかどうかという点にあると思われる。

お わ り に

試験高炉は原料問題の解決を志して始まり、原燃料問題の研究に回帰して今日にいたった。初期と最近とでは問題の次元もそこへの接近の方法も異なるが、製鉄技術がいずれにしても原燃料に強く依存することを示すものにほかならない。

現代の高炉は完成に近い技術ではあるが、完成した技術とはいえない。その内部構造に関する知見は多く蓄積されたが、依然として未解明の問題も少なくない。したがって高炉の研究は、その技術的完成をめざす努力とともに、今後も続けられるであろう。試験高炉もこの研究の一つの手段として、いましばらく一定の存在意義をもち続けるであろう。

しかし試験高炉にはそれに固有な特性があり、それを高炉のモデルとして活用することには本質的な困難がある。それを一定期間稼動すること自体にも現実的な困難がある。それゆえ試験高炉の将来はこれらの困難を克服するだけの客観的・主体的条件の存否によって定まらるであろう。

本稿を終わるにあたり、私とともに試験高炉の運用に携わってきた過去・現在の同僚諸氏、協力者および操業参加学生の諸氏の労に深謝する。またこの事業に対してさまざまな援助、協力、指導を与えられた所内、所外の関係者、関係会社の各位、とりわけ歴代試験溶鉱炉委員会委員および試験高炉委員会委員ならびに幹事の各位に衷心より御礼申し上げる。 (1982 年 5 月 27 日受理)