



鉄の歴史

戦後復興・発展期における我が国鉄鋼製造技術史—技術編

戦後から昭和30年代の製鉄発展史

樋口正昭

元製鉄部会長

Masaaki Higuchi

Progress of Ironmaking Technologies in Japan from after the War to 1965

1 終戦直後

1.1 終戦直後の高炉の稼動状況

昭和20年4月頃から空襲は激しさを増し、加えて7月には室蘭の艦砲射撃もあり、日本全土は空と海からの攻撃にさらされた。大きな都市と工場地帯は、ほとんど甚大な被害を受け、日本全体が麻痺状態になりつつあった。高炉は12工場34基の内、終戦直後の昭和20年8月末には、被爆と石炭不足により、輪西、仲町、広畑、東田、洞岡、戸畑の日鉄だけ僅か6工場11基が稼動しているに過ぎなかった。さらに、終戦後ひどくなった石炭欠乏、敗戦による不安等から、輪西第2、戸畑第2、輪西第3、第4、広畑第2、仲町第1、洞岡第4の各高炉計7基が次々と休止した。そして、昭和21年5月からは仲町第2、東田第2、第4、洞岡第2の各高炉の僅か4基のみが、日本の敗戦直後の鉄鉄生産高炉として、稼動している状況であった(表1、図1参照)。

一方、戦後の出炭事情は、敗戦による不安、食糧難及び労働組織の崩壊が重なり、どんどん悪化して、昭和20年11月にはこれまでの15%前後の55万トン¹⁾まで減少した。

鉄鋼界への配炭は僅か10~13万トン²⁾前後で、たった4基の高炉の操業維持にも事欠く始末であった。この惨状に八幡³⁾と輪西は、人手不足の炭鉱に従業員を派遣して、これによる出炭増を枠外として配分してもらい、かろうじて最低操業を維持する状態であった。鉄鋼界に配分される石炭の内、日鉄向けは8万トン前後であったが、これを総花的に各製鉄所に分配しては能率が上がらないとして、日鉄⁴⁾

は昭和21年6月所長会議を経て、7月の本社経営協議会で、石炭を八幡に集中することを決め、即刻実施することになった。従って、仲町⁵⁾の第2高炉は9月2日に休止するの止むなきに至った。これは日鉄の大英断であったろう。この結果、稼動高炉は八幡の3基だけ、内容積計1882m³のみになった。その昭和21年の八幡の鉄鉄生産は僅か約13万トン⁶⁾である。

業界及び政府⁷⁾は、復興のための鋼材の輸入を、総司令部に懇請したが、世界の鋼材不足を理由に許可は下りず、実現に至らなかった。これに代えて、政府は最も必要な石炭と鉄鋼の傾斜生産⁸⁾を、最重点施策とし昭和22年から実施した。

政府、炭鉱関係者の必死の努力により、さしもの出炭も徐々に好転して、約6ヶ月ぶりの昭和22年3月18日には、輪西第4高炉に火を入れ再開のスタートを切った。これが戦後火入れの第1号である。

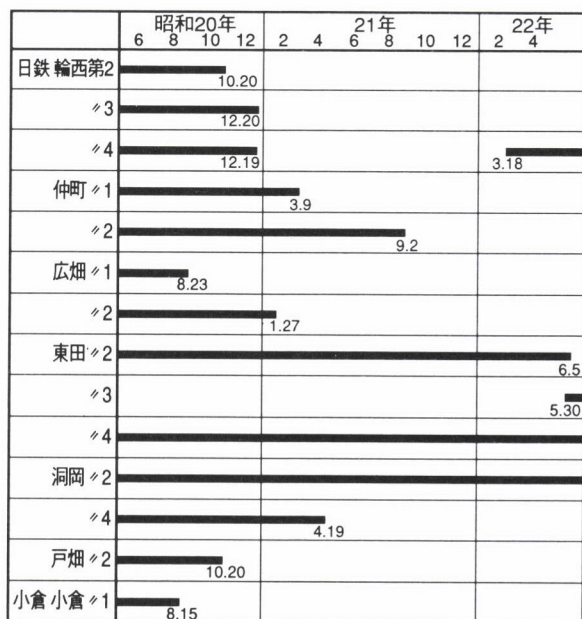


図1 終戦直後の高炉稼動状況

表1 昭和20年の製鉄所と高炉総基数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工場	輪西	仲町	釜石	広畑	東田	洞岡	戸畑	小倉	尼崎	船町	川崎	鶴見
高炉総基数	4	3	3	2	6	4	2	1	1	1	5	2

1.2 占領軍の鉄鋼管理政策

日本は、昭和20年8月15日に全面降伏し、ポツダム宣言を受諾したが、終戦直後の日本は虚脱状態と混乱が暫く続いた。

昭和20年9月22日⁹⁾に初めて、「降伏後に於ける米国の初期の対日方針」が発表された。その目的は、日本国の完全な武装解除、並びに非軍事化であり、経済、生産部門もその圏外ではなかった。加えて、余剰設備を撤去賠償することであった。つまり、重工業の生産活動は、将来の平和的需要の範囲とされ、生産活動も極めて苛酷な条件が課せられるであろうと予想された。その上、米国¹⁰⁾には日独国を農業国にしてはという案もあったりして、急激なインフレと食糧難に加えて、占領政策への不安は鉄鋼業にとっては深刻なものであった。

昭和20年秋にエドウィン・ポーレーを団長とする日本賠償調査団が来日し、その年の12月7日には、ポーレー案¹¹⁾が中間報告として発表された。鉄鋼企業については、年産250万屯の製鋼能力を越える設備を撤去するというものであった。

極東委員会¹²⁾は昭和21年6月12日に、ポーレー案に基づいて若干ゆるやかな、銑鉄200万屯、鋼塊350万屯を越える設備を撤去し賠償に当てるという、「対日中間賠償計画」を発表した。そして、8月24日には、鉄鋼22工場に対して総指令部より賠償指定が行われた。終戦直後の占領政策は非常に苛酷で、鉄鋼業の存続も危ぶまれ、昭和22年初めまでは、混乱と不安の中に生き残るための方策を考えながら、その日暮しの会社運営を続けるしかなかった。

しかし、そうこうしているうちに、終戦直後からあった米ソの微妙な対立関係が、昭和22年3月ギリシャ内乱¹³⁾を契機として、米国政府の態度が鮮明化し、ソ連、東欧と欧米の二つの世界の対立がはっきりとしてきた。この必然の結果として占領政策も大きく変わり、日独両国を自由諸国として利用する政策に変わってきた。

米ソ対立の鮮明化により、占領政策は急速に緩やかになった。これは、昭和22年後半に日本を調査し、昭和23年3月に発表されたストライク調査団報告¹⁴⁾にはっきりと表れた。

ストライク報告は2部からできており、第1部は極東委員会案とほぼ同様の内容である。しかし、第2部では、日本を経済失調にしておくより、日本を工業国として、極東の平和に対して貢献させた方が良くと述べ、特に賠償を受け取る権利のある各国に、日本の設備で生産した物資を供給し、物資不足を緩和した方が得策であると述べている。そして、昭和28年の鋼材488万屯（普通鋼材420万屯）という生産量を提示した。

このストライク報告は、設備の撤去、賠償という最も深

刻な問題の解決策を示し、さらに、日本の鉄鋼業への将来の方向を示し、復興に大きな希望と弾みを与えた。

最初のポーレー案は、国内資源のみで銑鉄生産をして、銑鉄の不足分を輸入し、平炉で製鋼するようになっていた。これに対して鉄鋼協議会は、昭和21年6月、「鉄鋼業再建の諸方策」¹⁵⁾を提出して、銑鋼一貫作業でなければ、品質、コストに於いて日本の製鉄業は成り立たないと強調し、鉱石と石炭の輸入の必要性を述べて、諸方面に働きかけた。

1.3 企業の経営者の交替

先にも述べた「降伏後における米国の初期の対日方針」にのっとり、財閥解体、軍協力者の公職追放についての考え方は非常に厳しいものであった。財閥解体の通知に次いで、昭和21年1月4日軍国協力者の公職追放¹⁶⁾の覚え書、さらに、2月27日に公職追放各項がGHQから発表された。製鉄業各社では、このGHQの発表と相前後してトップの交替が行われた。大手の具体例¹⁷⁾を示すとつぎのようである。

日鉄・21年3月渡辺社長辞任、阿部社長代行。5月三鬼社長就任。

鋼管・21年4月末浅野社長辞任、渡辺社長就任。22年5月河田社長就任。

川重・21年12月鑄谷社長辞任、五氏の合議制、25年8月川鉄発足、西山社長就任。

住友・21年1月春日社長辞任、柳沢社長就任、22年4月広田社長就任。

神戸・20年9月田宮社長辞任、浅田社長就任、21年12月町永社長就任。

このように昭和22年には、大部分の製鉄会社の経営者が交替し、新陣容を整え発足した。

1.4 昭和23年、24年

傾斜生産の実施により、出炭は昭和22年から急ピッチで回復に向かった。また、日本の占領政策が緩和に転じたお陰で、海外からの原料の輸入申請も、ようやく総指令部の許可がおりて、昭和23年2月には海南島鉄鉱石の輸入¹⁸⁾が再開された。そして、4月以降米炭、カナダ炭、及び米国ユタ鉱、他各種鉄鉱石の輸入が開始された。すなわち、昭和22年半ばからは製鉄原料に明るい見通しが出てきたと言える。

このように、内地の石炭の増産、占領政策の緩和、会社の新陣容の活動開始、原料の輸入の開始等により、高炉の火入れの態勢も徐々に整ってきた。すなわち、昭和22年1基、23年4基、24年2基の高炉が増稼動して計10基となり、漸く鉄鋼界の生産活動も軌道にのり始めた（図2参照）。

終戦直後は、全ての状況が不安な上に、国内炭は量、質共に極端に悪化し、鉱石もまた同様で、国産のものだけで

の操業は、経験したことのない苦労の連続であった。

八幡製鉄所¹⁹⁾のコークスの灰分は昭和20年には、23.97%まで上がり、強度DI15で85弱、鉬滓比は1,530kg/tと、現在からは想像もできないほど悪化した。この条件下における操業は、棚吊り、炉冷、滓出不良が頻繁に起こり、想像を絶する困難の連続であった。

存続の不安と食糧難におびえ、加えて最悪の原料で高炉操業を守られた輪西、東田、洞岡の三製鉄所の従業員の不屈の闘志に、筆者は頭の下がる思いを禁じ得ない。また、傾斜生産の最中に、高炉²⁰⁾を止めてその石炭で平炉を稼動した方が有効なのではないかの意見が出された。八幡は、高炉鉄がなくては軌条、型钢の生産はできない。また、高炉を止めても、平炉の発生炉用石炭が確保できる補償はないとして、高炉の稼動継続を訴えた経緯もあり、高炉を守る日鉄八幡の関係者の努力は、血の滲む思いであったろうと想像される。

もし、この時高炉の火が消えていたら、占領政策の緩和があっても高炉の再火入、鉄鋼業の復興は、相当に遅れたのではないだろうか。僅か3基の高炉であったにしろ、火が消えなかったことが、石炭の傾斜生産に必要な鋼材の供給に寄与し、加えて、占領政策の緩和にも即応できて、鉄鋼業の戦後の復興に非常に役立ったと思う次第である。

さしもの悪条件も、石炭、鉬石の輸入が増加してきた昭和24年には、下記の図3で示すように、コークスと鉬石の質が急激に改善されて、コークス比は昭和20年の最悪の3,841kg/tから戦前、戦時中とほぼ同じの1,000~1,100kg/tに戻った。

2 第1次合理化時代（昭和26年～30年）

2.1 第1次合理化時期の時代背景

昭和22年、米国は、マーシャルプラン²¹⁾を提唱し、欧州の反共陣営の経済援助を強めて復興を支援した。極東方面にも同じ趣旨の政策を進め、日本の生産規制を弛めて、日本に経済自立への道を邁進させるようになった。そして、昭和24年3月には、インフレの克服と円の安定を一举に図ろうとするドッジライン²²⁾の提案となった。さっそく、日本政府は均衡予算を組み実行に移した。円ドルの交換レートは360円に固定した。この引締政策により国内の景気は沈滞し、鉄鋼各社は国内原料の有効利用を推進し、輸入炭、輸入鉬石の節約を図り、合理化を押し進めた。

その国内原料の有効活用の一環として、コーライトコークスが取り上げられた。コーライトコークス²³⁾は明治41年の下村孝太郎氏の特許で、300~600℃で低温乾留したものである。日鉄は昭和4年から戦前、戦後も研究を続け、0.3

mm以下にすればさらに効果が上がる知見を得た。これを昭和24年から27年まで、仲町と八幡で使用し、輸入炭の節約に大きく貢献した。その後、安価な米炭の輸入が増加したので、コーライトコークスの使用を中止した。

	22年 6 12	23年 6 12	24年 6 12	25年 6
日鉄 輪西第3		6.1		
◇ 4	3.18		9.12	
仲町 ◇ 3			9.13	
釜石 ◇ 10		5.15		
東田 ◇ 1			4.1	
◇ 3		5.30		10.19
◇ 4	17.12.21		6.11	
◇ 5			6.15	
洞岡 ◇ 1		7.30		
◇ 2	19.5.12		6.18	
◇ 4			6.20	4.17
NKK 川崎 ◇ 5		4.1		
◇ 4			6.15	

図2 昭和24年末高炉稼動状況

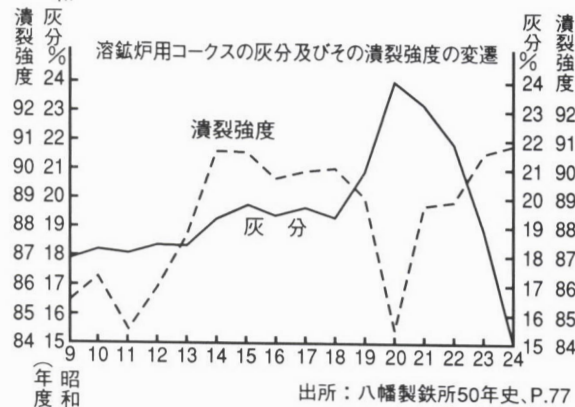
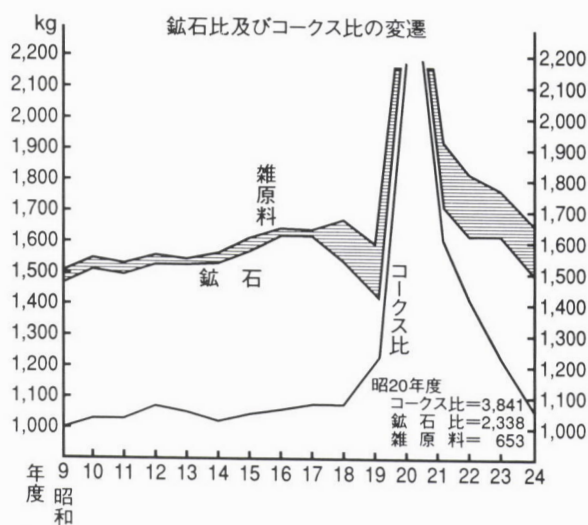


図3 八幡製鉄所のコークス比と諸元

一方、鉄鋼の国内需要は落ち始め、次第に国内在庫が増加した。しかし、幸いにポンド²⁴⁾地域の鉄鋼の需要が強く、北欧の購入が支えとなって、日本の鉄鋼生産はあまり落とさずに持ちこたえていた。ところが、突如として昭和25年6月²⁵⁾に朝鮮動乱が勃発して、世界中の鉄鋼の需要が急上昇し、買い手市場が再び売り手市場に戻った。国内はいわゆる特需景気で潤い、輸出量もまた飛躍的に伸び、価格の急上昇と併せて、会社の経営はいっぺんに改善された。

昭和25年11月には、中共が朝鮮動乱へ介入したので、開らん炭²⁶⁾の輸入が止まり、米炭に切り替った。これが幸いして、コークスの灰分が下がり強度が増した。これの高炉への好影響は著しく、炉況は安定して出銑量は増加し、コークス比は下がった。このことから全国の高炉関係者は、高炉の操業にはいかにコークスの影響が大きいかを一様に体感した。この経験はその後の高炉用石炭の銘柄を決めるのに、例えようもないほどの大きな影響を及ぼした。そのお陰で、日本の鉄鉄の増産に拍車がかかり、米炭の使用が、日本の鉄鋼増産のスピードを早めた大きな要因の一つあると言っても過言ではない。

このような背景の中で、鉄鋼業の第1次合理化計画²⁷⁾が作製され、26年度を初年度として実行に移し、鉄鋼業の復興に弾みがついた。

第1次合理化は、圧延設備の新設、増強が鉄鋼業全体の資金の50%以上を占めたが、製鉄部門は、高炉、コークス工場、焼結工場の復旧が主で、これに加えて、原料の事前処理設備の新設増強が行われた。

この時、創立間もない川鉄は、千葉新製鉄所を開設し、昭和28年6月17日に、第1高炉に火を入れた。これが日本の新立地、新鋭製鉄所建設の草分けとなった。既設の高炉の稼動が半分にも満たない時期の、千葉の建設認可及び建設工事は、大変な苦労であったろうと推察される。

2.2 製鉄部門の展開

2.2.1 設備の復旧

昭和20年代は、高炉を中心にコークス炉・焼結工場が復旧し、高炉は昭和30年末には11工場21基が稼動し、賠償、閉鎖におののいた戦後から完全に脱却して立ち直った（表2参照）。

昭和25年の朝鮮動乱は世界の鉄鋼需要を呼び起こし、特需と輸出が日本の重工業の立ち直りのきっかけとなったが、実状は復帰、復興が精一杯で、高炉の炉容はほぼ戦時中のままの火入れであった。また、シャフトの鉄皮、鉄帯はそのままの復旧が多く、室蘭、釜石、川崎、東田、洞岡製鉄所には、鉄帯の高炉が再稼動した。鉄帯は煉瓦積み時の固定にてこずり、また、火入れ後のシャフトのガス洩れ

表2 昭和30年末の高炉稼動状況

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
工場	東田	洞岡	小倉	広畑	釜石	室蘭	尼崎	船町	川崎	鶴見	千葉
高炉稼動基数	3	4	1	2	2	2	1	1	3	1	1

および異常膨張に、操業者は一苦勞したものだった。

もう一つ苦勞したものがある。川崎の各高炉の朝顔部は薄壁式煉瓦積みであった。おそらく、戦時中は、操業度も低く炉内の温度も比較的低かったので、経済的な煉瓦積みであったのだろう。しかし、米炭の入荷でコークスの品位が上がり、高炉の操業度が上がった戦後は、朝顔部の煉瓦の寿命が短く、朝顔部鉄皮の亀裂、変形が激しく亀裂部への鉛、銅詰め、朝顔鉄皮の溶接、撒水強化が休風修理の大きな項目となった。

しかし、内容積、鉄皮はともかく、可能な限り設備は良くしようと、復旧設備資金の乏しい中から、各社それぞれに知恵を絞り最大限の改良を行った。その主な内容は、次のようなものであった。

1) 耐火…煉瓦昭和25年頃から、酸化鉄の少ない原料を使用し、高圧成型、高温焼成した、寸法精度の高い米国の耐火煉瓦を輸入使用するところが出てきた。（例・昭和27年火入れの釜石第10、29年の釜石第8各高炉²⁸⁾）これは、国産煉瓦の質的向上の気運を促し、外国産原料の輸入及び設備の輸入に繋がり、一気に国産煉瓦は向上した。

2) 炉体の冷却…戦時中朝顔部、シャフト下部に必要最少限度挿入されていたが、終戦直後の復興から、できるだけ鉄製解放型や銅製密閉型のものを増設して、炉体の冷却強化に努めた。そして羽口²⁹⁾、滓羽口は昭和23年頃よりアルミ製を銅製に変更した。

3) カーボンブロックの採用…昭和26年、炉底破損対策³⁰⁾として洞岡第3高炉の炉底にカーボンブロックを採用したのを契機として、急速に炉底への使用は各社に普及した。そして、昭和30年には、早くも洞岡第1高炉は朝顔部にカーボンブロックを使用した。

4) 電動マッドガン採用…昭和26年、広畑第2高炉³¹⁾は出銑口開孔機、電動マッドガンを採用して、炉前作業のネック解消を目指した。

5) 2 鑄床 2 出銑口及び炉底冷却…改良ではないが、鋼管川崎の各高炉は昭和11年建設火入れ以来、2 鑄床 2 出銑口であった。さらに、ポンドの上に鑄鉄製の台と定盤を置き、その上に高炉が建設されており、炉底は真下から水冷却される構造になっていた。

2.2.2 原料の事前処理

1) 破碎・篩設備…昭和17年7月東田第3高炉³²⁾で塊鉱(整粒鉱27~70mm)のみの操業試験を行った。その効果として、通気性が向上し、出鉄量の増加など、鉱石処理の有効性を十分に認識したが、大型設備が伴わず戦時中は知識のみで終わっていた。昭和26年、エトナ使節団の勧告、さらに、団員の一人であり特に鉱石予備処理に熱心な、Dr. T. L. Josephの講演³³⁾が同年7月に東大で行われた。これらの影響もあって、鉱石の予備処理の気運が盛り上がり、昭和28年には、本格的なクラッシャープラント³⁴⁾が広畑に、塊鉱ベッディングプラント³⁵⁾及びペレットプラントが千葉に設備され、原料予備処理の幕開けとなった。各社の技術者は、この二つの設備の成果に期待し注目した。

そして、焼結鉱の開発、多量使用と共に、原料予備処理設備が、昭和30年代に各社共急ピッチで整備され、高炉の通気性の改善、生産性の躍進の原動力的役目を果たした。特に、千葉の昭和28年のペレットは日本の草分けであり、各社はその効果を注意深く見守った。そして、昭和40年の半ばまで焼結鉱かペレットかの検討が続けられた。

2) 焼結工場…高炉の稼動と共に復旧していった。新設、増強は釜石その他の製鉄所で逐次行われた。昭和28年11月に、洞岡³⁶⁾に空冷装置、ホットスクリーン、自動化装置のついた、ドワイト・ロイド式最新鋭焼結工場が登場した。これが焼結工場の近代化の幕開けとり、その後の焼結工場は全てこの方式になった。

なお、昭和17年6月、日鉄・清津製鉄所第1高炉³⁷⁾で、わが国初の焼結鉱100%の試験が行われ、それ以後も80%使用は継続された。試験結果、並びにその後の効果は原料が硅酸質のためもう一步というところであった。

また、大正15年鞍山製鉄所³⁸⁾で石灰焼結鉱を生産し、昭和14年には、川崎で高燐石灰焼結鉱³⁹⁾を生産し、さらに、昭和27年に、トーマス鉄用自溶性焼結鉱⁴⁰⁾を生産し使われた。しかし、硫酸滓、国内褐鉄鉱の配合が多く、焼結鉱の強度、粒度に問題があり、高炉の成績を上げるまでには至らなかった。それでも、焼結機の通気性は改善され焼結生産性は向上することが確認された。このように、戦前、戦時中から焼結鉱の開発並びに使用については、先輩の努力が続いていた。

2.2.3 戦後入社の技術員の教育

1) 設備の復旧…各製鉄所とも昭和30年までに約60%の高炉が復帰した。すなわち、昭和22年より30年末までの僅か9年間に、改修、新設等火入れは32基、吹卸しは14基もあって、戦後の新入社員の建設、火入れ、吹卸操業の恰好の実地訓練の場となった。当時は、戦後休止していた高炉を次々と復

旧しなくてはならぬので、新入社員といえども改修班の一員として組み込まれ、勉強かたがた改修を担当させられた。

筆者も昭和23年に入社して、三交替、あるいは、マッドの改良担当をさせられた後、僅か入社2年後には、扇町第3高炉の解体、改修、火入れの一員として活動させられた。

まだ三交替の操業技術の習得も終わらぬうちではあったが、空襲で破損したまま5年間も放置された高炉、熱風炉の解体、そして高炉の復旧、補修、煉瓦積み、填充、火入れは、貴重な経験の宝庫であった。2年間の解体、建設が終わり、昭和26年末の火入れの頃には、いっばしの技術屋になったような気持ちであった。建設に従事したお陰で各セクションの材質、肉厚、構造も空んじてしまったので、故障の箇所の理由もすぐ分かり、図面でのチェックも容易であった。耐火物の知識も一通りは身に付け、最も大切な填充も経験し、火入れ操業で高炉に対する愛着も湧き、普通操業に移ってから操業は丁寧になった。このように全国各社の数十人の新学卒が、9年の間に吹卸し、解体、建設、火入れの技術を、実地で訓練され育成されていった。これだけの学卒が復旧に従事しながら一挙に実習育成できたことは、昭和30年以降の鉄鋼業の発展にいかにも役に立ったことか計り知れない。勿論、焼結工場、コークス工場の技術者も同様であった。

2) 三交替…筆者は入社した当時の課長から、係長になるまで三交替を勤めるものだと言われたが、実際は高炉の復旧が忙しく何回となく三交替は中断された。しかし、この三交替で、湯面の見方、滓の見方、風熱の上げ下げ、配合計算、棚落としの仕方、送風、休風の仕方、炉冷への対応、羽口の溶損対策、出鉄口の破損対策、滓湧きの処理、ガス洩れ対策、停電対策、製鋼との連絡等々、昼間は上司から指導を受け、夜間は一人で対応することで理論と実践と度胸を身につけることができた。

2.2.4 タールマッドの改良と普及

昭和23年の頃は、一般的には水練りマッドで、釜石と川崎がタール練りマッドを使用していた。しかし、出鉄口の破損は日常茶飯事に起こった。川崎は、昭和24年後半マッドの改良に着手した。耐火材には水分は禁物という一点に絞り、簡単な焼成試験を繰り返して、購入耐火材料の水分制限を行った。そして、バインダーとしての生タール(水分4~12%)を無水加工タールに変更し、ピッチ分を指定し、マッドを保温するようにしたら、確実に出鉄口の破損が減少した。この基準は若干の変更はあったが、昭和41年に大手耐火物メーカーに、マッドの製造を引き継ぐまで継続使用された。

電動マッドガンを採用した高炉は、昭和28年、洞岡第3高

炉⁴¹⁾を皮切りにどんどんタールマッドに切り替えられ、出鉄口事故と出鉄後の閉塞減圧は急速に減っていった。

2.2.5 技術員への品質管理技術の導入及び大型計算機の利用

昭和25年頃から、日本科学技術連盟の品質管理講習会が始まった。6ヶ月間の講習であったが、鉄鋼業界は積極的に参加して、各職場の統計技術と品質管理の向上に努めた。お陰で、多重相関や分布図の現場への利用が盛んとなり、操業解析が進み、操業のアクションの個人差がなくなり、操業技術を高めるに至った。また、給与計算、その他の事務計算に各社共大型コンピューターを設備した。これを契機に技術の解析にもオフラインで使い始め、大量のデータの一括処理と技術解析を高めた。

2.2.6 鉄鋼協会製鉄部会結成

製鉄部門の復帰が軌道に乗ったところで、製鉄部会が結成され、昭和30年5月に鉄鋼8社によって第1回の製鉄部会が開催された。各社との技術交流が円満の内にも真剣に行われ、以後年に2回のペースで開催され、時を経るに従って盛大になった。

この部会は、各社の技術のレベルアップに寄与し、また、技術

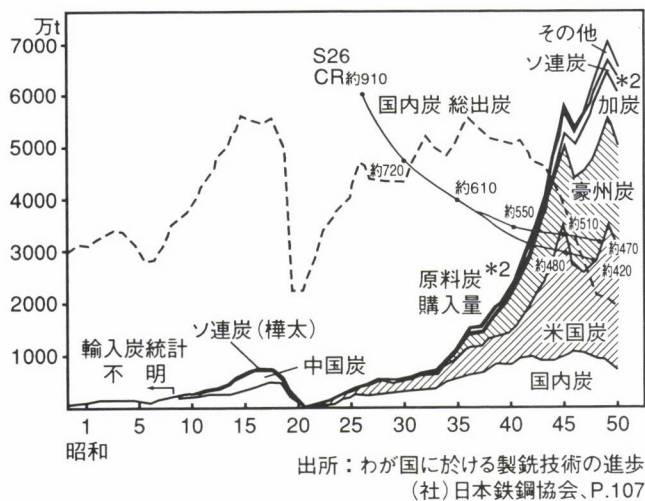


図4 原料炭使用の変遷

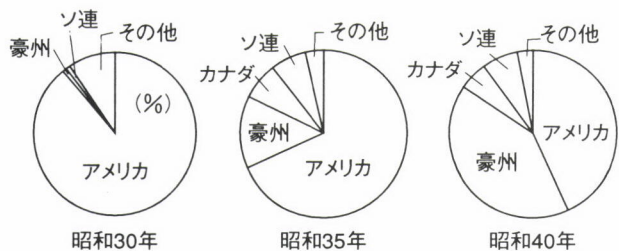


図5 原料炭の国別輸入推移

員に刺激を与え、各社の技術員の円満な交流を盛んにした。

さらに、先にも述べた通り朝鮮事変以後は、コークス用の低揮発分の強粘結炭、及び中揮発分の中粘結炭は、急速に米炭に切り替わり、昭和29年までに輸入炭の90%以上のものが米炭になってしまった。すなわち、日本では米炭無しでは高炉用の良質のコークスはできないと思われるくらいの一時期があった(図4、図5参照)。そして、コークスの品質の向上によって、コークス比は、昭和29年には、700~750kg/tに低下した(図6参照)。

このように昭和25年から5~6年間、実務をやりながら訓練、教育を受け、また、良質の石炭の効果を肌で感じて育った技師達が、30年以降の第2次合理化、また、その後の飛躍に大きく活躍し貢献するのである。

3 第2次合理化時代(昭和31~35年)

3.1 2次合理化期の概要

日本は、朝鮮動乱の特需景気で弾みのついた経済の立ち直りにより、戦災で壊滅に近い打撃を受けた都市の復興と工業の再構築も軌道に乗り、鉄鋼の需要も急速に増加した。

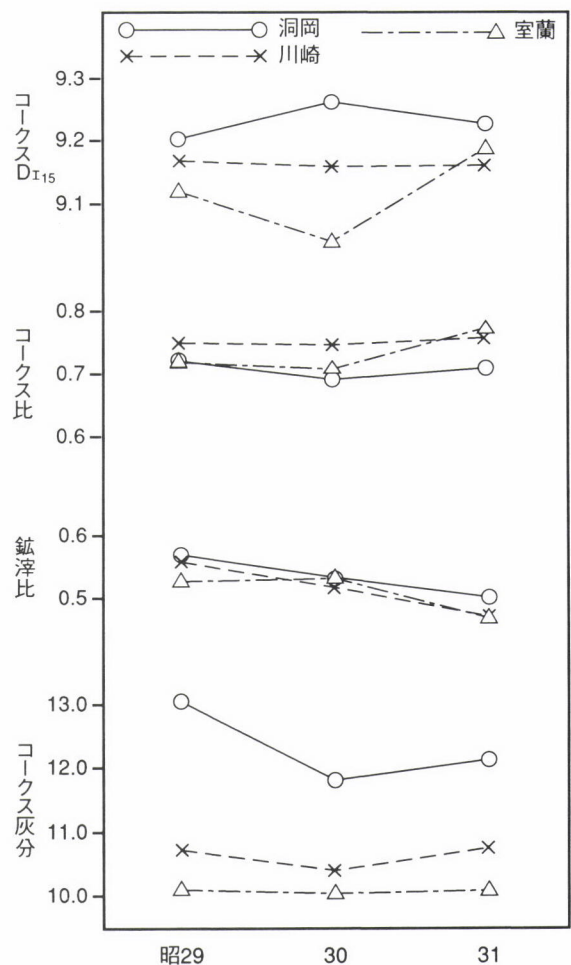


図6 昭和29~31年のコクス比

昭和21年年間60～70万屯に落ちた粗鋼も、昭和28年には戦前最高の680万屯（昭和18年）を抜き去り、この鉄鋼業の復興振りには目を見張るものがあった。

第2次合理化は、いわゆる、神武、岩戸景気を背景に、工業立国として日本の重化学工業化が推進された。また、昭和35年、池田首相の劇的な所得倍增計画の発表もあり、鉄鋼部門では既存の製鉄所の近代化の実行と、新立地に新製鉄所を設けることを真剣に企画立案し、鉄鋼各社は、一斉に全国に用地を獲得する活動を始めた。

第2次合理化で最も画期的な出来事と言えば、純酸素上吹転炉⁴²⁾の各社の導入である。昭和31年6月技術導入契約が成立し、昭和32年9月には実働開始された。そして、日ならずして製鋼の主流となり、急速な粗鋼生産拡大に大きく貢献した。

そして、表3に示す新しい第3、第4製鉄所の敷地の決定は、ほとんど昭和37、8年頃までには終わり、28年の千葉製鉄所に続いて、34年には神戸、戸畑、西島の新製鉄所の第1高炉が稼動し、新技術の導入、大型新鋭製鉄所の競争時代に突入した。製品では自動車用鋼板の開発、自動車用鋼板のシェア争いが大きな焦点となってきた。

3.2 製鉄部門の発展

3.2.1 高炉炉体

- 1) シャフトの構造…昭和20年代は復旧するだけで、シャフトの鉄帯はそのままであったが、昭和31年以降、ガス洩れ、異状膨脹等を改善するため、全部鉄皮に改められた。
- 2) カーボンブロックの積み方…カーボンブロックは、急速に炉底、湯溜、朝顔部のシャモット煉瓦にとって代わるようになったが、昭和35年、川崎第5高炉は、炉底カーボンを下、シャモットを上として炉底からの冷却効果のアップの構造とし、近代カーボンブロック積みを確立した。
- 3) 炉底の冷却…炉底冷却はポンドの上に台と定盤を置き、その上に高炉が建っていた川崎の高炉以外には、昭和20年代、炉下からの冷却はなかったが、昭和34年、川崎第2高炉の蛇管強制通水を初めとして、自然通水、強制通風、自然通風の諸法が開発された。しかし、時が経つにつれ、次第に蛇管強制通水に収斂されていった。

3.2.2 大型高炉、内容積1500m³の出現

戸畑第1高炉が、昭和34年、1603m³の高炉を火入れし、大型高炉建設の火蓋は切って落とされた。

3.2.3 ベルトコンベヤー装入設備出現

昭和35年、大阪製鋼・西島第1高炉は、画期的なベルトコンベヤーで、装入物を炉頂まで搬送するシステムを開発

表3 戦後新設された製鉄所

製鉄所名	1号高炉稼動時期
川崎製鉄・千葉	昭和28年 6月
神戸製鋼・神戸	◇ 34年 1月
新日本製鐵・戸畑	◇ 34年 9月
住友金属・和歌山	◇ 36年 3月
日本鋼管・水江	◇ 37年11月
新日本製鐵・名古屋	◇ 39年 9月
新日本製鐵・堺	◇ 40年 6月
日本鋼管・福山	◇ 41年 8月
川崎製鉄・水島	◇ 42年 4月
新日本製鐵・君津	◇ 42年 7月
神戸製鋼・加古川	◇ 45年 8月
住友金属・鹿島	◇ 46年 1月
新日本製鐵・大分	◇ 47年 1月

出所：第33・34回西山記念技術講座、
(社)日本鉄鋼協会、(1975)

し、設備した。この開発は大量輸送の先鞭となり、大型高炉の装入設備の解決策を示した。

3.2.4 装入物分配板設置（ムーバブルアーマー）

昭和34年、川崎第3高炉に電動駆動分配版を4枚設置した。駆動そのものには問題はなかったが、分配板の円周に対する面積比が少なかったためか、効果の確認は今一歩であったが、炉頂の装入物分布の改善を目的とした目新しい設備であった。

3.2.5 熱風炉の蓄熱室容量増の改造

寿命のきた蓄熱室の再開発、または、蓄熱アップのため、各炉次々とキューン型からフライン型の蓄熱煉瓦に積み替えて、高風熱の態勢を整備していった。

3.2.6 切り替え装置設置

昭和28年千葉第1高炉の熱風炉の切替装置が最初と思うが、それ以後、空気式、電動式、半自動、全自動を取り入れていった。

3.2.7 調湿設備の本格的採用

昭和29年の八幡の試験操業の結果が良かったこと、設備が比較的簡単なこと、熱風炉の改造が進んで高風熱が可能になったこと等により、昭和32年広畑第1、第2高炉⁴³⁾の採用を皮切りに、あっと言う間に日本全部の高炉は調湿操業になった。夏冬の湿度差の大きい日本に於いては当然のことであると思う。

3.2.8 自溶性焼結鉱普及

焼結原料に石灰粉を配合して焼く試みは、前章でも述べ

たように、早くから行われた。しかし、硅酸質分が多い、結合水が高い、粘着性が強い、適正な粒粉でない等様々な理由で、十分な強度の焼結鉱が生産されなかったが、それも輸入鉱の配合による原料の改善で解決された。そして、昭和32年、小倉第1高炉⁴⁴⁾で自溶性焼結鉱100%使用試験操業の成功により、一挙に各社各高炉の自溶性焼結鉱の配合率がアップした。この自溶性焼結鉱の多量使用によって、高炉原料の画期的な改革が行われた。これは、日本の高炉の操業成績の飛躍的改善がなされる一原動力となった。

3.2.9 酸素富化操業試験実施

昭和34年、広畑の高炉⁴⁵⁾、西島第1高炉で、相次いで酸素富化操業を実施して、増産に良い効果をもたらした。この結果、送風機及び風熱に余裕のない高炉は、次々と酸素富化の実施に踏み切った。そして、昭和43年には全高炉が酸素富化操業をするようになった。

3.2.10 装入方法の改善

コークス、焼結鉱等が改善されて炉況が良くなってきたら、装入方法の是非が論ぜられるようになった。

CC/OO/、C/O/C/O/、CO/CO/、COMIX/COMIX/、及び適性装入層厚の検討は各社、各炉繰返し実炉で実験が行われた。そして次第に、還元効率の良いCC/OO/に収斂されていったようである。なお、層厚は各炉の内容積、炉口径を加味して適正な厚みに改善されていった。

3.2.11 操業

昭和28～31年に、コークスは米国炭30～40%の配合のものになり、強度DI15は92、灰分は10～12%となった。お陰で、高炉のコークス比は殆ど700kg/t台となり、コークスの有難味を十分に満喫した。

鉱石もアジア、印度系の輸入鉱が主体となった。懸案の鉱石処理プラントも逐次設置され、粒度、ステイッキー性も改善された。

昭和20年代に実地教育を受けた技術陣が、統計的手法及び外国より得た知識で、理論通りに稼働させようとする気運を醸し出した。そして、新技術の導入と多くの改善に積極的に取り組み、高炉の操業を着実に向上させた。そして、昭和30年代後半には、出鉄比、コークス比は、先進国と肩を並べ、或いは凌駕するところまできた。なお、各社は、高圧高炉の諸情報も入手して検討に入り、昭和35年には、室蘭第3、東田第1、水江第1の各高圧高炉の建設を決定した。

このようにして、戦後には想像もしなかった世界の鉄鋼基地を目指して、第3、第4製鉄所の構想も真実味を増してきた。

3.2.12 製鉄部門の研究

戦後昭和20年代は時代を反映して、硫酸滓、砂鉄、磁鉄鉱石等未利用資源の研究、貧鉄石の研究及びペレットの研究等、製鉄原料に関するものが多かった。それが、昭和30年代に入ると、製鉄業の隆盛の気運に合わせて、高炉の通気性の研究が盛んとなった。すなわち、充填層モデル実験⁴⁶⁾が行われ、通気性指数が開発された。また、原料面では、自溶性焼結鉱、高塩基度焼結鉱、及びその他の装入物⁴⁷⁾の熱間性状の研究が行われ、その成果は高炉の実操業に適用されていった。さらに、各社共研究室の充実が図られ、その後の研究の内容が多彩になった。

3.2.13 鉄鋼界戦後最大の49日のストライキ

製鉄の技術発展と直接の関係はないが、昭和34年に、戦後最初にして最後の高炉を止めるという大きなストライキが発生した。たまたま、筆者は組合側の川崎製鉄支部技術統制部長として、ストライキの善悪如何に拘らず、大きな渦に巻き込まれ、実に戦場のような生臭い闘争に明け暮れる貴重な体験をした。

戦後日ならずして、労働組合は各社各所に結成され、戦後の混乱期、復興期に、様々な労使関係を経て労使共に成長していった。いわゆる神武景気に入った昭和31年頃より、組合の賃金交渉も組織的になり、年々交渉も大型となって昭和34年を迎えた。鉄鋼労連も、長期化を予想しながら、スケジュール闘争に入っていた。高炉は、聖域か否かの白熱の議論が何回となく繰返されたが、遂に高炉もストライキスケジュールに組み込まれてしまった。

昭和34年2月25日、各製鉄所は一斉にストライキに突入した。解決の延びた富士広畑、釜石、室蘭と鋼管川崎、鶴見は、49日の長いストライキとなった。この間、ストライキをしては交渉、そしてまた、ストライキと息継ぐ暇もなかった。休風、減圧の繰返しで炉況は下降線を辿り、炉冷、棚吊り、溶鉄処理で四苦八苦した。

最後の約2週間、筆者は製鉄支部技術統制部長として、技術屋の良心に誓いながら行動する日々であった。この紛争で労使共に大きな教訓を得、この大紛争を最後に、鉄鋼界は労使協調が基調となり、業界は躍進的な発展を遂げた。鉄鋼界は、昇り坂でのストライキであったが、昭和35年の三池炭鉱のストライキは、下り坂での100日のストライキであった。今年平成9年3月の三池炭鉱の閉鎖で、日本の炭鉱は2ヶ所となり、年間620万屯の出炭になるという。昭和20年11月、日本の出炭が最悪の月産55万屯になり、エネルギー情勢は麻痺した。そして、昭和22年から、石炭と鉄鋼は必死の増産に励み、日本の産業復興の道を開いた。それから様々なことを思い合わせると、何とも言い様のない時代

の流れをひしひしと感ずる。感無量である。

4 第3次合理化（昭和36～40年）

4.1 昭和30年代後半概略

日本はもう戦後ではないという言葉が、あらゆる所で聞かれるようになった。昭和39年に開かれた東京オリンピック、それに合わせて開通する新幹線等、焦土と化した昭和20～21年の日本の惨澹たる状況からは、想像もつかない復興振りである。さらに、工業立国を目指して、また、先進国の仲間入りを期待して、日本全体が躍進している姿は若々しかった。鉄鋼業は昭和36年に、粗鋼生産（2800万吨）で英国と肩を並べ、昭和39年には、ドイツの4000万吨の出鋼を抜いて、米国、ソ連に次いで世界三位に躍り出た。終戦当時、このような発展を誰が想像し得たであろうか。

鉄鋼界は、第1次合理化期に千葉、第2次には、神戸、戸畑、西島各製鉄所に引き続き、第3次には、和歌山、水江、名古屋、堺の4大型製鉄所が誕生した。これらは、昭和40年代の超大型製鉄所ほどではないが、その時代の世界的最新鋭の製鉄所であった。この第3次合理化の建設、操業が基礎となり、昭和40年代の超大型製鉄所の華々しい建設、操業の成功に繋がるのである。製鉄部門は既存製鉄所の改修整備と、原料事前処理設備の設置もほぼ完了して、新鋭製鉄所にふさわしい大型高炉、大型熱風炉、大型焼結機、炉毎の大型計算機、斬新的なコントロールルーム等が導入された。さらに、3基の高压高炉も稼動した。このように、製鉄設備と操業技術の近代化は一段と進んだ。

操業的には、重油、タールの吹き込みと共に複合送風が基調となり、全体熱バランスよりセクション別熱バランス理論が台頭し、操業理論も飛躍した。そして、日本は操業度、コークス比共に世界の最右翼の成績を修めるようになった（図7参照）。

原料炭は、米炭一辺倒から豪州へ比重が移り出し、鉱石はアジア、印度から、南米へ、そして豪州の開発の方向へと進んだ（図8参照）。また一方、ペレットの輸入が本格化して、鉄鉱石原料も一大転機の時を迎えた。

4.2 製鉄部門

4.2.1 重油吹き込み

重油の高炉吹き込みは、昭和14年、釜石⁴⁸⁾で試みたが、低風熱、低炉熱等により、炉頂から黒煙が濛々と噴き出し成功しなかった。

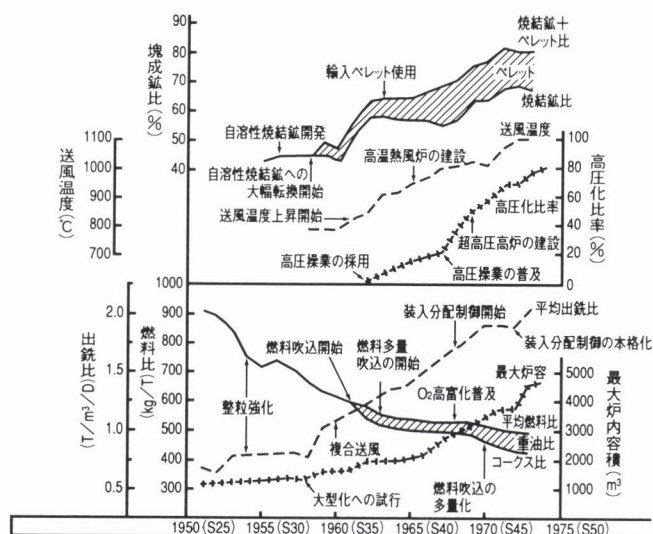
外国の高炉が比較的簡単に重油を吹き込んでいるのを見聞して、熱風炉の整備、鉱石予備処理、調湿操業の次に話題に上がった。昭和36年、川崎第3高炉⁴⁹⁾で重油吹き込み試

験操業、東田第5高炉でCOガス吹き込みを実施して、まずまずの成果を上げた。昭和37年には、仏国・ボンペイ社⁵⁰⁾より鉄鋼12社協同で重油吹込技術を導入し、ほとんど各社一斉に吹き込みを開始した。また、川崎第4高炉⁵¹⁾はタール吹込試験も実施した。この重油吹き込みで大幅にコークスの節約ができた。

4.2.2 高压高炉

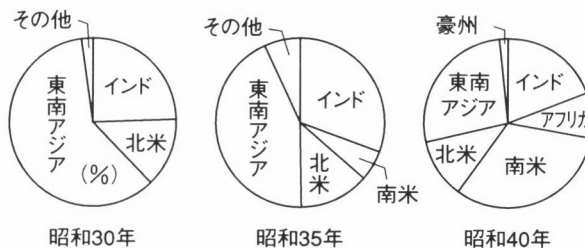
昭和37年8月1日に東田第1高炉892m³、昭和37年11月16日に水江第1高炉1,709m³、昭和38年1月10日に室蘭第3高炉1,219m³、この3基の高压高炉が、ほとんど同時に火入れになったことから、日本は一挙に高压高炉の時代に突入した。筆者は水江第1高炉の建設に最初から携わり、また、約2年間係長として操業を行い、水江に約4年半勤務した。その後、昭和39年秋から福山製鉄所建設本部に移った。

この昭和30年代の高压高炉は、①大ベル摩耗、②ベルロッド摩耗、③大ベルガスシール、④旋回ベルガスシール、



出所：鉄と鋼、62（1976）3、p.436

図7 戦後の高炉操業の進歩



出所：第33・34回西山記念技術講座
(社)日本鉄鋼協会、(1975)

図8 鉄鉱石の国別輸入推移

⑤羽口破損、⑥出銑荒出等、改良解決しなくてはならない設備、作業が多々あり、各社は修理、改良に多忙の日々を送った。

しかしながら、コークス品質、原料整備、复合送風等の導入技術を消化した後の高圧操業は、僅かの炉頂圧でも効果があり、次の時代の強力な技術であることを高炉関係者は十分に理解できた。従って、日本の鉄鋼メーカー、重工業各社は、スムーズな操業を維持するために、意欲的に設備の開発、改善に努めた。そして、昭和40年代前半には、早くも2ベル1バルブ、4ベルと、日本独特の高圧用装入設備を発明し、日本の超高圧操業の優位性を確立した。

昭和35年に、高圧高炉の技術導入に海外出張する頃までは、我々は、外国高炉の成績に目を見張ったものであった。ところが、日本の3基の高圧高炉の操業成績は、世界のレベルを遙かに越えてしまった。昭和39年秋に室蘭第3、昭和40年春に水江第1の各高炉の稼動後の操業成績を米国で発表したところ、大きな反響並びに賞賛を受け、日本の高炉操業成績は世界の最右翼となり、注目を浴びようになった(表4参照)。

4.2.3 滓処理・ドライピット

水江第1高炉の熱滓処理の方策として、炉の近くにドライピットを設けた。これで、大量の溶滓が安心して処理できるようになり、大型高圧高炉の最大の問題点の一つが解決された。

4.2.4 ペレット

南米の超微粉鉄鉱石の利用法としてペレットが大きくクローズアップされた。しかし、炉内分布、還元後の強度が問題になり、原料部門の大きなテーマとして、長い間、研究が続いた。その結果焼結鉱の有利性には今一歩及ばず、日本においては焼結鉱が高炉原料の主体となった。

4.2.5 外燃式熱風炉

川崎第4高炉の熱風炉として、昭和39年⁵²⁾コッパース式外燃式熱風炉が、初めて建設された。これが、大型保熱熱風炉としての最初の国内モデルである。

4.2.6 炉熱モデル制御

大型計算機が各所に設備され、主に事務計算の簡素化、迅速化が図られたが、この計算機を利用して技術的な、大量のデータも処理できるようになり、熱制御システムがつくられるようになった。川崎第5高炉⁵³⁾でSi制御操業試験が行われ、各社各炉もこれに続いて熱制御モデルの採用が盛んになった。また、この第3合理化期には、水江第1高炉

表4 水江第1高炉操業成績

水江No.1 BF (1709m²) 昭和37年11月16日火入れ

年 月	出鉄量 t/月	出鉄量 t/日	出鉄比 t/dm ²	風圧 g/m ²	炉頂 g/cm ²	風温 (°C)	焼結 配合 %	燃料比 コークス比 (kg/トン)
S37. 11	12.595	900	0.53		90		68.8	796
12	39.524	1275	0.75		105		70.3	581
S38. 1	51.566	1663	0.97	1230	193	709	70.7	558
2	54.357	1941	1.14	1376	193	794	70.8	548
3	62.010	2000	1.17	1380	300	943	74.0	532
4	58.100	1937	1.13	1493	300	1014	74.8	496+25
5	63.155	2037	1.19	1420	300	1050	72.7	470+36
6	64.506	2150	1.26	1514	300	1053	81.0	473+40
7	67.115	2165	1.27	1600	300	1050	81.1	472+36
8	68.695	2216	1.30	1657	300	1050	69.2	470+44
9	71.016	2367	1.39	1882	383	1049	68.3	472+51
10	78.521	2533	1.49	1882	467	1050	78.9	461+49
11	84.075	2803	1.64	1805	417	1050	78.5	467+49
12	89.279	2880	1.69	1816	400	1050	70.4	464+49
S39. 1	85.529	2858	1.67	1908	400	1050	73.2	466+49
2	88.432	3049	1.78	1843	394	1050	54.1	464+48
3	92.313	2978	1.74	1833	426	1050	54.5	470+48
4	90.956	3032	1.77	1826	399	1050	65.6	470+48
5	97.802	3155	1.85	1857	400	1050	60.8	467+48
6	91.133	3155	1.85	1911	400	1050	62.0	467+48
7	97.681	3151	1.84	1917	379	1050	63.8	449+48
8	88.849	2962	1.73	1855	365	1050	63.8	474+47
9	90.328	3011	1.77	1881	378	1050	64.0	468+49
10	104.434	3369	1.96	1839	400	1070	66.4	459+51
11	93.465	3223	1.89	1907	400	1070	64.6	463+52
12	103.112	3326	1.95	1956	400	1081	63.7	459+54

NKK 高炉作業表より

や他の高炉に、炉別の計算機の導入が始まった。

4.2.7 2 鑄床・2 出銑口

昭和37年に戸畑⁵⁴⁾第3高炉、及び38年に和歌山第2高炉に採用され、初めてNKK川崎以外にも出現した。まさに1基の高炉で大量出銑を行う、多出銑口の口火であった。

4.2.8 製鉄部会

高炉の稼動基数が増えるにつれて部会は益々盛大となり、製鉄部門の大きな問題は全て部会の共通議題として取り扱われた。毎年、各社の研究結果や実際操業データを提出して、真剣な討議が行われ、製鉄技術の発展に大いに寄与している。

以上昭和20年から40年までの製鉄技術の発展について駆け足で述べたが、日本は、昭和30年代に、ほとんどの新しい技術の導入を終えた。そして、超大型の対応と導入技術の改良、及び新技術の開発は、昭和40年代に持ち越された。

敗戦で壊滅しかかった日本の高炉を必死に支えた諸先輩、そして自由諸国の一員になったこと、朝鮮動乱によって巧まずして米炭の優位性を実地に知ったこと等のお陰で、急速に日本の製鉄技術は進歩した。そして、日本はさらに躍進して世界1、2を争う製鉄国に上りつめた。

その理由は多々あろうが、その一端を述べさせて頂いた。短い調査期間と筆者の浅学のために十分に意を尽すことができなかったと恐縮している次第である。もしこの拙文に誤りがあったら、ご容赦願いたい。しかし、筆者は、この

20年間の蓄積が昭和40年以降の超大型時代の基礎になった
 と思っている。決して一挙には超大型時代に進めたとは思
 っていない。

最後に、文献の収集にあたり新日本製鉄（株）技術総括

部、NKK製鉄技術開発部、日本鋼管テクノサービス（株）、
 日本鉄鋼協会、に大変お世話になったことを深く感謝申し
 あげる次第である。

参考文献

- 1) 戦後鉄鋼史, (社)日本鉄鋼連盟, (1959)
- 2) わが国における製鉄技術の進歩, (社)日本鉄鋼協会, (1997)
- 3) 最近に於ける製鉄技術の展望, (社)日本鉄鋼協会 製鉄部会, (1957)
- 4) 各製鉄所における製鉄設備の展望, (社)日本鉄鋼協会 製鉄部会, (1957)
- 5) 八幡製鉄所 80 年史, 新日本製鐵(株) 八幡製鉄所, (1980)
- 6) 八幡製鉄所 50 年史, 八幡製鐵(株) 八幡製鉄所, (1959)
- 7) 釜石製鉄所 70 年史, 富士製鉄(株) 釜石製鉄所, (1955)
- 8) 室蘭製鉄所 50 年史, 富士製鉄(株) 室蘭製鉄所, (1958)
- 9) 千葉製鉄所 15 年の歩み, 川崎製鉄(株) 千葉製鉄所
- 10) 川崎製鉄株式会社 25 年史, 川崎製鉄(株)
- 11) 日本鋼管株式会社 40 年史, 日本鋼管(株)
- 12) 日本鋼管株式会社 50 年史, 日本鋼管(株)
- 13) 水江製鉄所第 1 高炉の建設と火入れ, 堀江重栄他: 日本鋼管技報, No.28 (1963)
- 14) 水江製鉄所概要・製鉄関係, 堀江重栄他: 日本鋼管技報, No.30 (1955)
- 15) 鉄鋼部門戦後建設史, 日本鋼管(株), (1982)
- 16) 西岡邦彦: 太陽の化石: 石炭, アグネ社
- 17) 前田一雄: コーライト配合による製鉄用, 本邦コークス工業最近の進歩
- 18) コークスの製造試験, 燃料協会, (1950)
- 19) 小野田武夫: 鉄と鋼, vol.37 (1951), P.71
- 20) 鉄鋼対策技術委員会報告書概要, 三島徳七他: 鉄と鋼
- 21) T. L. Joseph: 鉄と鋼, vol.37 (1951), P.481
- 22) 浅田譲: 鉄と鋼, vol.38 (1952), P.966
- 23) 和田亀吉他: 鉄と鋼, vol.40 (1954), P.181, P.755
- 24) 浅田譲: 鉄と鋼, vol.41 (1955), P.702
- 25) 和田亀吉: 鉄と鋼, vol.41 (1955), P.714
- 26) 小野田武夫: 鉄と鋼, vol.36 (1950), P.523
- 27) 佐伯正夫: 鉄と鋼, 釜石第 10 高炉改修工事について
- 28) 製鉄部会: 製鉄部会資料 1 ~ 5 回
- 29) 山田龍男, むろらんの高炉と共に
- 30) 樋口正昭: ひとすじ

引用文献リスト

- | | | |
|-----------------------------|--|--|
| 1) 戦後鉄鋼史, (社)日本鉄鋼連盟, (1959) | 20) 文献 1), P.26 | 37) 文献28), P.4・33 |
| 2) 文献 1), P.22 | 21) 日本鋼管(株)50年史, 日本鋼管(株), P.229 | 38) 文献28), P.84 |
| 3) 文献 1), P.16 | 22) 文献21), P.240 | 39) 文献28), P.84 |
| 4) 室蘭製鉄所50年史, (1958), P.224 | 23) 西岡邦彦: 「太陽の化石: 石炭」, P.141~142 | 40) 文献28), P.84 |
| 5) 文献 4), P.225 | 24) 日本鋼管(株)50年史, P.224 | 41) 文献28), P.195 |
| 6) 八幡製鉄所80年史, (1980) P.12 | 25) 文献21), P.221 | 42) 文献28), P.44 |
| 7) 文献 1), P.22 | 26) 文献21), P.252 | 43) 文献28), P.195 |
| 8) 文献 1), P.22 | 27) 文献21), P.300 | 44) 文献28), P.195 |
| 9) 文献 1), P.5 | 28) わが国における製鉄技術の進歩, (社)日本鉄鋼協会, (1977), P.195 | 45) 文献28), P.195 |
| 10) 文献 1), P.6 | 29) 文献28), P.195 | 46) 文献28), P.49 |
| 11) 文献 1), P.6 | 30) 文献28), P.195 | 47) 文献28), P.49 |
| 12) 文献 1), P.11 | 31) 文献28), P.195 | 48) 文献28), P.32 |
| 13) 文献 1), P.28 | 32) 文献28), P.194, P.41~42 | 49) 文献28), P.196 |
| 14) 文献 1), P.28~29 | 33) 文献28), P.38・41 | 50) 文献28), P.196 |
| 15) 文献 1), P.18~20 | 34) 文献28), P.41 | 51) 文献28), P.196 |
| 16) 文献 1), P.14 | 35) 文献28), P.4・57 | 52) 文献28), P.5 |
| 17) 文献 1), P.14~15 | 36) 文献28), P.4 | 53) 文献28), P.5 |
| 18) 文献 6), P.12 | | 54) 各製鉄所における製鉄設備の展望, 日本鉄鋼協会製鉄部会, P.204 |
| 19) 文献 6), P.11 | | (1997年 4 月28日 受付) |