

将来の製鉄法のための研究について

On the Studies for the Future of Ironmaking

中 根 千 富*・大 蔵 明 光*

Chifu NAKANE and Akimitsu OKURA

この小論は故雀部高雄教授が日本鉄鋼協会の技術講座において講演された「将来の製鉄法について」の中で述べられた教授の考え方、論旨を引用し、まとめたものであります。特に技術史的に製鉄法の実展過程を把握し、その観点にたつて現在の技術・研究を解析し、将来の新しい製鉄技術の開発をどのように進めるべきか、そのための教育研究はどうあるべきかに常に神経を集中せられていました。故雀部教授の考え方を十分表現するには、あまりにも浅学のため十分意をつくせない点を初めにこことわり致します。

1. 製鉄技術発展の背景としての 近代科学・技術の動き

資本主義国における主要構造材料消費の傾向をみると1937年に鉄鋼が93.6%を占め、圧倒的に1位になっています。軽金属は0.5%、プラスチックは0.2%、約25年後の1962年には、鉄鋼が90.1%を占め、軽金属が2.5%、プラスチックが3.5%を占めています。現在においても構造用材料のなかで鉄鋼が圧倒的な地位を占め、鉄鋼材料は産業の主食となっていて、1965年の世界の粗鋼生産高は約4億5000万tと見積られています。そのうちアメリカが約26%、ソ連約20%、日本約9.0%、西ドイツ約8.2%、イギリス約6.0%、フランス約4.3%、イタリア約2.7%、中国約2.6%、ポーランド約2.0%を占め、まさに、現代は鉄鋼の時代といえるでしょう。現在の世界の生産技術は史上にその例をみないめざましい速度ですんでいます。この現代技術の特徴をとらえて3E革命あるいは4S革命¹⁾などともよばれています。3E革命とは、Exotic materials, Electronics, Energy converterの3Eです。エキゾチック・マテリアルというのは、とくに目あたらしい超新材料で、プラスチックのテフロン、各種半導体、鉄でいえば引張り強さ1300kg/mm²以上のwhiskerなどがその例です。エレクトロニクスは現代の花形で、最近ではレーザーなどが各方面で注目をあつめています。エネルギー・コンバータとしては、原子力発電や直接発電が注目されています。4S革命というのは、Small size, Saving of weight, Speed-up, Self-regulationの4Sです。小型化、軽量化、高速化、自動制御化という面から現代技術の動きをとらえています。このように進んでいる技術のなかで、オートメーションを他の技術の発展から区別して重要であると考えます。それというのは、オートメーションは全産業的な技術体系を根本的に変革、飛躍させようとしているからです。この点は過去の産業革命をふりかえってみるとわかります。18世紀中葉からの産業革命では道具が機械にかわり、機械生産の発展がやがて機械製作法の発達を要求

し、機械による機械生産へ移行し、近代的な機械が急激に増大し、全産業の技術的基礎が変革し、機械設備による資本主義的な大工場が多数あらわれ、この変革によって初めて資本主義社会が確立されてきました。

現在は機械とともに化学工業における反応塔などのように装置による生産が急速に発達し、機械も装置もオートメーション化されようとしています。オートメーションの動きは、個々の機械および装置のオートメーションから1生産行程全体のオートメーションへ、全工場のオートメーションにまで進もうとしています。現在ではアメリカおよびソ連のオートメーション化の動きが活発です。たとえば製鉄所へ運び込まれる鉄鉱石が高炉、製鋼炉、鋼材圧延機などをとって各種の鋼材製品になり、製鉄所から搬出されるまでの全行程を、電子計算機をそなえた1カ所のコンピュータ・コントロール・センタでオートメーション化しようという考えが進み、世界の鉄鋼業ではその一部が実施される方向に進んでいます。

技術の発達とともに、科学も驚異的な発展をとげつつあります。ふり返って科学発展の大きな流れをみますと科学が急速な進歩を開始したのは19世紀初頭のころでした。19世紀は、しばしば蒸気と電気の時代ともよばれます。これに対し、20世紀の特徴は、科学的な知識が量的にふえただけでなく、科学の性格が質的に変化したことが注目されます。19世紀の科学者は、物質の外面的現象を研究し、自然の諸現象間の形式的な関係を確立することに急でした。身近なところでいえば熱力学といった学問の発達です。20世紀の科学者は、内面的特性や現象がなぜ起こるのか、その起こるべくして起こっている本質的な真因をとらえています。この20世紀の科学が技術と密接に結びつきながら現代の技術が急速に発展しはじめています。

国際原子力機関(CERN)のV.F. Weisskopfは「なぜ純粋科学を研究するか」という論文のなかで興味深いことを述べています。「工業国の発展を調べてみると誰でも次のことに気がつきます。19世紀の前半には、イギリスが大工業国となり、同時にイギリスは基礎研究においてMaxwell, Young, Faradayなどの偉大な名前を残

* 東京大学生産技術研究所第4部

しました。ついで 19 世紀の後半から 20 世紀の初頭にかけて、ドイツが指導的な役割を演じました。そこにきら星のようにドイツの物理学者の名がならびます。Helmholtz, Nernst, Roentgen, Planck, Einstein, Sommerfeld Heisenberg らがそれです。20 世紀の後半にすすんでアメリカが工業国の先頭にたつたとき、基礎科学もまたアメリカでいっせいに開花しました。Fermi, Oppenheimer Lawrence, Rabi, McMillan, Alvarez, Schwinger, Feynman らはその一部にすぎません。こうして一つの明らかな相関関係が見つかります。工業の成長あるところ基礎科学があり、基礎科学のあるところに工業の発達があるということです。外国技術の導入に依存して、外国の工業を追いかけている段階では基礎科学と無縁でもそれほど大きな問題はありますが、自主的に技術を発展させる工業国では、おのずから基礎科学に大きな力をそいでいる点を見のがしてはなりません。

このように産業に基本的に重大な変革が生ずるのは、産業革命の場合のように全産業における技術的基礎が変革される場合です。現在の産業においてはきわめて広範囲に無数のオートメーションが採用されはじめ、その量的な増大により、全産業の技術的基礎が根本的に変わろうとしています。このため世界では新しい人的能力の問題が起こり、科学者、技術者の教育のみならず、新しい型のエンジニアの労働者の教育が要請されています。以上においては将来の製鉄法を見通すための背景として現代の科学、技術の動きの一端を展望しました。次に将来の製鉄法の見通しは、製鉄法の見通しをたてること自体を目的としてでなく、鉄鋼に関する基礎的研究テーマを求めするために、テーマ研究の一環として行なったもので企業が行なうようなキメ細いものでなく、かなり大まかな見通しであります。しかも世界の科学および技術がめざましい速度ですすんでいる現在、将来の鉄鋼技術の見通しを適確に予言することはほとんど不可能です。しかし現在の動きからみて将来のあるべき姿をある程度の確率をもって予測することは許されましょう。

2. 原料およびエネルギーの面からみた 将来の製鉄法

(1) 原料関係

国連欧州委員会の報告によると石油化学工業の発展によって、石炭副産物の化成品価格のいちじるしい低落により石油化学工業の発展以前にくらべて、コークス価格が割高になり、この世界的なコークス高価格の傾向が高炉におけるコークス消費量の減少に圧力をかけ、鉄鉱石の事前処理および高品位輸入鉱を増加させる傾向を強めました。これらの方向にしたがって高品位原料を供給するペレタイジング法は急速に発展し、アメリカのスペリオ湖地方のタコナイトが高炉用高品位原料の資源として

役立ち、約 300 年の供給が可能だと推定されています。低品位鉱でも有効な処理により高品位鉱ペレットとして高炉原料に供給されています。アメリカ²⁾の報告によると予備還元ペレットを使用することによりコークス比を低下させ、出鉱量を増すことができる。現在の現よりも軽構造で高能率な簡易高炉の可能性を示唆し、また予備還元ペレットは高炉を経由することなく直接に製鋼炉へ装入される可能性についても述べています。この簡易高炉が原料面からみた将来の製鉄法の一つの例といえるでしょう。微粉鉱石は実験室で還元実験をしますときわめて短時間で還元します。しかしなぜ微粉富鉱石を直接還元せずに焼結し高炉に装入するのでしょうか。それは高炉は古い製鉄法ですが、改良や新技術の応用によりいつも新しいものになっていくということです。一方直接製鉄の研究開発にはまだ鉄鉱石還元に関する基礎理論が不十分なことです。たとえば反応速度論的研究の不足、還元機構の本格的解明の不足といえるでしょう。実験室的に取り扱いやすいところから手をつけている関係で、工業化に最も大切と思われるキーポイントの研究にまで十分手が着いていないといえます。やがてこれらの理論が解明された時には最も合理的、経済的に還元をすすめる装置が考えられると思います。

(2) エネルギー関係

現在のわが国の原子力発電は、重油火力発電にくらべて、まだ経済性の面から割高のようですが、しかし世界的にみて原子力発電のコストは急速に安くなりつつあります。鉄鋼業は将来の原子力発電について特に注目の要があります。この点は、近い将来に驚異的に安い原子力発電の可能なことを示された川崎正之博士の講演を参照していただきたいと思います。

ここで簡単に高炉と電気製鉄炉のエネルギー経済のパーティ計算にふれてみます。高炉で使用されるコークス価格の変動と電気製鉄炉で消費する電力価格の変動を考え両者がいかなる価格の時に高炉鉄の生産費と電気炉鉄の生産費が同じになるかについて考えてみますと R. Durrer³⁾ および F. Lüth⁴⁾ の著書によればヨーロッパの経験で R. Durrer は (1 kg のコークス価格) = $5 \times 1 \text{ kWh}$ 電力価格…①, F. Lüth は (1 kg のコークス価格, ペニヒ) = $3.6 \times (1 \text{ kWh の電力価格, ペニヒ}) - 3.2 \text{ ペニヒ}$ …②のときに高炉鉄と電気炉鉄の経済的均衡が得られるとしています。電力が 1 ~ 2 円/kWh 程度に安くなれば電気鉄以外の製鉄法も考えられます。たとえば還元度の高い 90% 以上の予備還元ペレットをつくり、これを電気製鋼炉で直接製鋼することも考えられます。

3. 高炉製鉄法の発展の動き

すべての技術は、過去から現在へ発展しつづけています。技術発展の歴史をみますと、産業の要求にそわなく

なった技術工程は次第に除去されて、生産技術が完成されています。製鉄法の発展をみると、現在の製鉄法がどのような位置にあり、将来どのような方向にすすむ可能性が大きいかを定めるのに役立ちます。このような観点から、製鉄法の歴史的な流れを簡単に展望し、現代の高炉製鉄法の将来の動きをみることにしましょう。古代の製鉄法は直接製鉄法でした。高さの低い粘土積み炉内に木炭と鉄鉱石を入れ人力フィゴで空気を送り、海綿鉄をつくりハンマーで打って鉄にし、製品を作っていました。ところが鉄の需要の増加が炉の規模を拡大させ、炉高もじょじょに高くなり、熱効率が良く炉内温度も高くなるように変わってきました。このような炉の改良により大型化され、供給木炭の不足をまねき、高炉は木炭から石炭へエネルギーの変換が強く要求され、新技術を求めて約150年の努力の末その目的をついに達成することができました。高炉はその後、さらに熱風を導入し、また高炉ガスの利用によって熱経済の改善をはかり、製鉄技術の基礎をかためました。すなわち Renn 炉から Stückofen に変わり、高炉へと産業の要求に沿って発達しそれぞれの長所を生かし欠点を克服して現在に至っています。それでは高炉には欠点はないでしょうか。その点について考えてみましょう。

- 1) 粉鉱石が使用できないため鉱石の事前処理が必要です。特別な冶金用強粘炭を必要とします。
- 2) 石油化学工業の発展によりコークス炉工業は赤字産業になり、世界の製鉄法の本流であるコークス高炉法が、現在その内部に赤字産業を背負いこんでいるわけです。
- 3) 実験室では数分間でおこなわれる反応が高炉のなかで数時間を必要としています。これは理論的には過大すぎる時間です。
- 4) 高炉の大型化により炉床面積が大きくなっているが、それに正比例して能力は大きくなっていません。炉の中心部に大きな非活動部があります。
- 5) 生産性を高めるために高炉および付属設備はいちずに大型化し、高炉1基の設備費が数十億円となっています。

しかし高炉を解剖して、それを機能的に考えてみますと、炉体の上部から下方に向かって、原料乾燥器、熱交換器、直接還元炉、溶解製鉄炉、ガス発生炉、半精錬貯鉄炉などが重なり合って、1本の円筒の中に混然一体となって収まっています。すなわち炉内でみごとな天然の連続行程が行なわれているわけです。この点から考えて高炉にはまだまだ大きな発展の余地が残されています。しかし、それと同時に、高炉は将来さらに大きな発展へ向って躍進をつげながら、他面ではそれ自体が同時に新しい炉への移行を可能にする準備を完成しつつあるということです。

4. 材料需要市場の動きと将来の製鉄法

近年の材料市場の動きはどうでしょうか。近年、各種の材料のなかでプラスチックの伸びがとくにめざましく1962年にはプラスチックが重量比で3.5%を占めています。容量比で約20%を占めます。近い将来の各種材料発展の見通しは、過去の実績といちじるしく異なり、アメリカの材料生産長期計画によれば1950年から1975年までの25年間に鉄鋼増加は1.7倍、アルミニウムの増加は7倍、これにくらべてプラスチックの増加は12.5倍となっています。ソ連においても1961年から1980年にわたる20カ年計画を発表し、1970年には800万tから1000万t、1980年には4000万tから4500万tを目標にしています。現在ではなお鉄鋼材料は圧倒的な地位を保っています。それというのは、プラスチックの強度が鋼よりはるかに低く、特に弾性率が低く、実用温度が狭く持続的な荷重に由来する強度低下がみられる点で鉄鋼材料にたうちできなかったからです。しかし近代科学と密着して発展しつつあるプラスチックの進歩は急速で普通鋼材の引張り強さは45 kg/mm²ですが、ガラス・プラスチックは50 kg/mm²、さらに100~150 kg/mm²にまで高められようとしています。このように需要産業側からの材質的の要求が強まり、各産業の技術発展は材料律速ともいうべき段階にきています。将来は材料需要市場の要求にこたえ、科学理論に基づき鉄鉱石から厳密な成分の鉄をつくり、鉄鋼材料の強度を極度に高め（たとえば鉄 whisker 1300 kg/mm²）、しかも簡単な合理的な製法で生産費を安くすることが必要です。この材料革新をおすすめるためには科学に立脚した生産技術が必要でそのための基礎研究成果を蓄積することが必要です。

5. 基礎研究と応用研究について

(1) 鉄鉱石の還元に関する研究と問題点⁵⁾

鉄鉱石から直接に鉄または鋼をつくる直接製鉄法は、直接に鉄または鋼をつくるので合理的であると考えられ魅力的にみられてきました。しかし在来の直接製鉄法は直接製鉄法でできた鉄をもう一度溶解して鋼材をつくっています。それですとわざわざ溶融点の高い海綿鉄をつくってそれを溶かすこととなります。しかもこの際に海綿鉄には燃料成分が含まれていません。ですから直接に鉄鋼石から鉄をつくるこの種の直接製鉄法は、高炉法による間接製鋼法より実質的には、はるかに間接的に理論的には不合理なものであります。そこで高炉の長所をすべて取り込んで、しかも高炉の欠点を克服する新しい炉をつくりだすことは考えられないのでしょうか。これには高炉内でもしかりですが、鉄鉱石の還元速度や、還元機構を明確に把握することが必要です。酸化鉄の還元平衡を取り扱う場合にはきわめて簡単に反応式で表わすこ

とができます。しかし実際には鉄鉱石の還元機構を知るには鉱石の鉱物学的な構造、気孔率、酸化度、化学組成、その鉱石の成因履歴などの影響を考慮しなければなりません。また速度論的には還元途上の鉱石の物理学的ならびに化学的な挙動を知る必要があります。そのためには、きわめて多くの因子が複雑に作用している現象を正確に把握し解明する必要があります。現在の多くは還元現象を現象論的に論じている段階で、いまだ本質的解明には達していません。現在研究室においては、複雑である影響因子を追究するために低温域における還元遅延の異常現象を実験研究しています。なお高温域の還元においても同様の遅延現象が現われています。研究結果によると還元遅延現象の前後において未還元組織が異なっていることが明らかになりました。これらを解明することは、直接製鉄法の立場からもきわめて重要な問題でありますし、また解明されなければならないことと考えます。現在、高炉製鉄法で多く使用されているところのペレットについても研究を行なっていますが、特に原料面から、またエネルギー面から考えた場合、将来簡易高炉が出現したときにそなえて還元ペレットの製造に関する基礎データと還元反応の基本的な点を把握する研究が要求されます。現在のペレットは粉鉱を焼成しそれを使用しているのですが、この点を考えてもあまり合理的ではありません。すなわち粉鉱を焼成する段階で 1300°C の温度に達するわけですから、この段階で還元を行なわせることはできないでしょうか。当研究室における実験結果によるときわめて興味ある結果がでています。微粉鉱石と固体炭素源（コークス粉、微粉炭、石炭）を混合しペレットを造り焼成中に還元をおこないきわめて短時間で90%以上の還元率を示し、しかも強度 150 kg/ペレット 以上を有する還元ペレットの製造に成功しました。これらの基礎資料をもとに焼成ふんじの調節により、工業化も可能になります。

鉄鉱石が高炉内でどのような挙動を示すかは、高温における還元実験によってその現象を把握することが重要です。当研究室においては固体コークスを還元剤に用い急速昇温させ、昇温と同時に還元を開始させ、昇温速度をパラメータとして還元温度とその保持時間の関係を段階的に求め、昇温と同時に始まる還元を直接動的に追跡することによって高温還元の研究をすすめています。この実験により明らかになったことは、還元により生成された鉄は外殻を形成し、脈石類は殻中に凝集し、強度がいちじるしく低下する原因の把握と、また無尽蔵に近い埋蔵量を有するラテライト鉱石にこの方法を適用し、クロム分離が可能であることの基礎を確立しました。以上の実験の基礎は、新しい製鉄炉を創造するための現在の高炉の徹底的な解明と、あわせて将来の製鉄炉への基礎資料であります。

(2) 連続製鉄法のための鉄の凝固点付近の研究⁶⁾

アメリカでは予備還元ペレットを使用する軽構造の簡易高炉の問題が提起され始めています。もしこれが発展すれば高炉の長所をすべて取り込んだ新しい炉になる可能性があります。たとえば一例としてキュボラと高炉の中間的な性格をもつ簡易炉なども考えられます。原料から還元し、そして簡易高炉と連続化が進むにつれ、特に注意した正確な資料をつくるための研究が要求されてきます。すなわち還元段階までは固体 (Solid) ですが、高炉を経た後は液体 (Liquid) で、しかも 1500°C~1600°C の高温の溶鉄ができるわけです。この溶鉄は使用目的によって鋳物用また鋼材用として分れるわけです。この場合鋼材用ですと転炉を経て脱炭され、連続鑄造の工程を経て圧延され製品となります。鋳物鉄でも球状黒鉛化をおこなったものは種々の機械的、物理的にすぐれ、その用途も広いので、以上の連続工程の1工程中で、Mg, Ca, … etc の添加が必要です。しかしこの点は連続工程としては複雑で非常に問題が多いと考えられます。そこで球状黒鉛鑄鉄の黒鉛の挙動を厳密に調べるための研究が必要になります。当研究室においては鉄鉄の凝固過程における片状黒鉛から、添加元素がなくても一挙に、黒鉛の球状化がおこなわれる点を実験的に明らかにし、現在物性論的立場からその理論的確立を行なっています。また連続化の場合に凝固時間が問題になるので、鉱滓の塩基度の調節により黒鉛球状化を促進する方法についてもあわせて研究しています。特に溶鉄が連鑄を経ないで圧延成型される基礎も近い将来において研究し理論を確立しなければなりません。

(3) 鉄鋼材料の強度に関する研究⁷⁾

近年開発がすすんでいる新技術は、いずれの産業部門においても金属材料に材質のきびしい要求をつきつけています。多くの新技術は、材料の発展速度によってその技術の発展速度が大きく制約されています。現代技術は、材料律速の段階にあるといっても過言ではないと思います。たとえば金属材料部門は、鉄鋼精錬部門と異なり、科学の面でも活発な発展を示し、冶金学の革新の方向に一歩前進しています。最近の科学と技術は、史上に例のない速さですすみ、産業材料は新しい科学の発展と結びつき、材料市場の構造的な変化と相まって材料革新の時代に入っています。現在ではソ連などにおいて、超強力鋼の開発が進められ 300 kg/mm²~400 kg/mm² の強度を有する鋼も最も近い将来に市場に出るであろうといわれています。一方研究的には小さな鉄の結晶であるが引張り強度が 1300 kg/mm² 以上の鉄が簡単につくられています。当研究室においても、鉄 whisker の製造を目的に基礎研究を進めています。特に塩化鉄から水素で還元する方法をもちいて、鉄 whisker の生成を行なっていますが、この際に塩化鉄に添加する酸化鉄 (Fe₂O₃) の挙動を

追跡し、この Fe_2O_3 が whisker 生成にどのような影響をもつかを研究しています。現在アメリカにおいては最長 5 cm の whisker の製造に成功していますが、当研究室においては 8 cm の長大な whisker の製造に成功し、その材質的研究を行なっています。特に製造条件と whisker の引張り強度についての研究と生成 whisker の形状（生長方向 [110][100][111] の面で生長したもの）と引張強度について基礎研究を行なっています。現在までの実験で明確になった点は、酸化鉄の存在が whisker の生成に起因するものでなく、金属鉄の存在が必要であること、また温度 570°C の低温域において最も多量の whisker を形成せしめること、ガス流量の調節により強く長い whisker を生成することができる点などを確立することができました。whisker の製造に残された今後の課題は 1300 kg/mm² 以上の鉄 whisker の強度を鉄の理想結晶の強度に近づけることであると考えられます。

6. 試験溶鋳炉を中心とした研究

(1) 試験溶鋳炉の相似性について

実際の大型溶鋳炉に新しい技術を適用するとき、思いきった試験を行ないにくいので、まず小型試験炉でこれを試みるのが研究結果の実用化の早道です。しかし、ここで常に問題になるのは、大型溶鋳炉と試験炉との相似性の問題です。先生は次のようにのべられていました。⁸⁾

i) 実際溶鋳炉と試験炉の間に相似性が認められた場合

試験炉が操業をはじめた頃は、現在、世界のトップを切っている日本の溶鋳炉のすばらしい新技術を採用していなかった。もし大型溶鋳炉と小型試験炉との間に、操業成果の相似性があれば、近年の日本の大型炉の新技術を小型試験炉に適用すれば、小型試験炉の能率が飛躍的に向上するはずである。その試験結果によれば小型炉の出鋳量およびコークス比は、予期されたように飛躍的に改善されている。すなわち出鋳量は 1 t/日、コークス比は 1800 kg/t 銑鉄であったものが、3.2 t/日、800 kg/t 銑鉄となり、鋳物用銑を製造している中規模の商業用高炉に近い値で、送風温度 (650°C、大型炉では約 1000°C) を高くすれば、この成績はさらに向上する。

小型炉には、このような相似性が認められる。この例は小型炉の技術が、実際の大型炉より遅れていたもので、ものごとが逆になってしまったが、望ましかったあり方は、大型炉に先立って小型試験炉がこの最新技術を開発し、それを大型炉が利用することであった。将来の小型試験炉は、そのように活用することが望まれよう。

以上の例は、定性的な相似性であるが、さらに望ましいのは、定量的な相似性である。大型炉と試験炉の各部および各機能を詳細にわたり測定し、その両者を比較することによって、定量的な相似性を求めることができるが、大型炉は試験炉のごとく試料採取や測定が容易でな

い。この点が両者の定量的な相似性を求める上で一つの困難である。

ii) 大型溶鋳炉と試験炉の間に相似性が認められない場合

たとえば試験炉では炉頂に装入した鉄銑石類が、約 1 時間半で銑鉄になる。これは大型炉に比べて非相似的である。大型炉のそれは従来 10 時間以上かかったが、最近では 5~6 時間になっている。どういう理由でそれが 1 時間半にならないのか。あるいは 5~6 時間をもう少し減少できないのか、等々。上記の非相似的な事実を手掛かりにして、はじめてこのような研究テーマが求められ、次の新しい研究開発への足場を与えることができる。非相似的な場合にも、それなりの利用法が考えられる。

(2) 試験溶鋳炉の発展のあと

試験炉の意義および有用性については、一貫して上記のように考えておられました。

昭和 36 年 5 月着任以来、試験溶鋳炉の発展のために種々苦心されましたが、総合研究所としての当所の特色を十分に発揮し、専門分野の異なる研究者の協力のもとに、昭和 37 年 3 月に試験溶鋳炉委員会がつくられました。以来運営の基本方針はすべて当委員会で決められています。

試験炉は「還元性物質の羽口よりの吹込み」をテーマとして、委員会成立と前後して、都市ガス、天然ガス、粉コークス、粉炭の試験を行ないました。一連の試験完結後に、昭和 39 年 2 月、第 7 回試験溶鋳炉委員会で、当面の研究テーマとして「高炉の総合自動化」を取り上げることに決定しました。そして原料の水分の測定と管理、ならびに炉頂ガスの連続分析に関する研究を進めることとしましたが、これらの研究はすでにかんがりの成果をあげ、実施の段階に到達しています。

一方、昭和 38、39 年度は「高炉の自動化」に関する研究設備費（合計 1,452 万円）、昭和 40 年度には「装入原料の自動処理設備費（1,500 万円）が交付されました。これによって従来人力によっていた原料の計量が自動化されて、すでに装入系統が R. I. 検尺計によって自動化されていましたので、これと連繫して、装入作業の全自動化が完成しました。また装入原料の半自動処理貯蔵設備によって原料水分の管理が飛躍的に改善されました。

現在「送風限界試験」を行なっていますが、測定値を連続記録することによって、連続値に特有の変化の様式があることがわかり、これらと炉内諸反応との関連を解明しようとしています。そして上記の炉頂ガス連続分析などによりますと、大型炉と小型炉は、小型炉がある送風条件に達するとよく似た動きをすることなどがわかってきました。

前にのべましたように試験炉の特徴をつかむために、まず炉内諸反応の基礎的調査を実施しつつ、製銑過程そのものを自動化する方向に、研究を前進させたいと考え

ています。

この研究は

- (イ) 可能な部分の自動化とそれによる操業条件の安定化
- (ロ) 安定化された条件のもとでの炉内諸反応の調査
- (ハ) 調査結果の理論化とそれに基づくより高度の部分的自動化

の段取を繰り返すことになると考えられ、したがって製鉄過程の完全な自動化の実現は、同時に高炉の理論が完成に近づくことを意味するものとみられます。

こうして高炉が完全自動化されれば、製鋼、圧延を含む全製鉄体系の連続化と、その統一的な制御の問題が日程にのぼるものと予想されますが、先生はこれらの点をすでに見通しておられて、試験炉に続く、半自動化された製鋼過程、それを受ける連続铸造設備を千葉実験所に建設し、世界にさきがけて統一的な制御の問題に取り組むお考えでした。

さらに溶鉱炉の新しい方式としての予備還元ペレットによる実験ができないかと考えておられ、90%まで還元すればペレットの強度は十分であるからぜひ試験してみようといわれましたが、現在の日本の情勢の中で、200トンの小粒のペレットを還元して準備することができないために、実施できませんでした。

(3) その他のこと

従来試験炉では全国の大学から学生諸君が参加して実

験を行なって来ましたが、この教育という点も特に心を配っていただきました。

1962年9月、モスクワで世界科学者連盟等の主催で開かれた「高等科学・技術教育に関するシンポジウム」で日本代表として参加され「科学・技術部門学生における人文・社会科学教育」という報告をされております。

また、科学技術教育⁹⁾の中では「現代の科学技術と教育の役割」と題して、エンジニアへの手紙¹⁰⁾の中では「技術の社会的機能」と題して書かれております。

先生がわれわれ後輩、特に若い学生諸君に期待して、教育というものをいかに重視されておられたかがわかるものと思います。

先生の残されたものをわれわれが継承して、先生の示された方向に発展させていくということで、先生の技術は永遠に生きつづけることと信じ、今後いっそう努力するつもりです。

(1967年7月28日受理)

文 献

- 1) 鳳 泰信：現代の技術，ダイヤモンド社，(1964年)。
- 2) Iron and Steel Engineer, Jan. (1966)。
- 3) R. Durrer: Verhütten von Eisenerz, (1954)。
- 4) F. Lüth: Planung und Bau Von Hütterwerken, (1958)。
- 5) 生産研究, 18, 6. p.142 (1966)。
- 6) 鉄と鋼, 52年, 第10号. p.1605 (1952)。
- 7) 鉄と鋼, 53年, 第4号. p.487 (1953)。
- 8) 鉄鋼界, 3月号. p.52 (1967)。
- 9) 科学技術教育, 田中実編, ダイヤモンド社。
- 10) エンジニアへの手紙, 岸田純之助編, ダイヤモンド社。

次 号 予 告 (11月号)

研 究 解 説

微分項を含んだ操舵系の研究.....	平 尾 収
バナジウム資源の諸問題とその生産法.....	野 崎 弘
——砂鉄中のバナジウムの有機溶媒による捕集研究——	藤 代 光 雄
放射性同位元素を利用した河川の流量測定.....	佐 藤 乙 丸

研 究 速 報

生研式アーチダム振動模型実験.....	岡 本 舜 三
自動車用ガソリン機関の混合気分配におよぼす吸入通路の幾何学的条件の影響.....	金 谷 米 吉 貴
精密電量計の試作とその微量分析への応用.....	武 藤 義 一
	高 田 芳 敏 矩 雄
イオン交換反応の熱化学的研究.....	鈴 木 喬 学 郎
	妹 山 武
透過電子顕微鏡による金属結晶粒界の観察.....	石 田 洋 一
積雪地域における道路交通調査.....	川 浦 潔
自動車交通流の車頭時間間隔分布.....	越 片 正 毅 彦
	倉 正

研 究 室 紹 介

藤高研究室.....	藤 高 周 平
------------	---------