

© 1987 ISIJ

IISI 報告からみた日本と欧米の鉄鋼用耐火物技術の比較



森 本 忠 志*

Comparison of Japanese and Western Refractory Technologies for Steelmaking Based on the IISI Report

Tadashi MORIMOTO

1. 緒 言

International Iron and Steel Institute (IISI) の技術委員会は、1982 年“鉄鋼における耐火物”を調査課題に決め、11 名の Study team は 1985 年末に“Refractory Materials for Steelmaking”（以下報告書という）を完成した。この報告書を多くの耐火物技術者に紹介するため、1986 年 4 月にイタリアで、同年 6 月日本で“IISI 耐火物セミナー”が開催された。

日本セミナーでは Study team のメンバーであつた英国の C. HARDY とオランダの H. VERHOOG の両氏が欧州の耐火物技術の現状を述べた。これに対して筆者は報告書の逐条的説明は省き、海外、特に欧州と比較した我が国の耐火物技術の特徴や問題点を指摘し、さらに報告書に掲載できなかった内容を紹介することに努めた。

この技術資料は日本セミナーにおける筆者の講演を書き直したもので、筆者の個人的見解を多分に含んだ内容であるが、一つの考え方として提示したものである。

2. 調査の目的と方法

2.1 調査の目的

耐火物は鉄鋼生産に不可欠の材料であり、鉄鋼製造コストに占める耐火物コストの割合も高い。また将来の鉄鋼製造プロセスの発展は耐火物技術の進歩に依存しており、鋼の品質は耐火物の良否に影響される。このように耐火物技術は鉄鋼業に重要な役割を果たしているにもかかわらず、これまで鉄鋼用耐火物に関して世界的視野にたつた技術資料も使用統計もなかつた。

そこで本調査は、自由世界における鉄鋼用耐火物の使用量と使用品質に関する現状を整理し、さらにその将来動向を展望することにより、鉄鋼業と耐火物業の要望に応えることを目的としたものである。

2.2 調査期間

1980 年と 1982 年の 2 年間の実績を収集し、その変化を調べた。しかし、この期間は統計調査の時期としては妥当ではなかつた。その理由は次の 4 点である。

- (1)世界的に景気が後退していた。
- (2)鉄鋼製造技術の改革が起こり始めていた。
- (3)耐火物技術でも新しい変化が生じつつあつた。
- (4)技術変化とその傾向をみるには 2 年は短かすぎた。

しかし、前項の目的を達成できるのは IISI をおいてはないし、調査に長い期間をかけるのは本意でないので直近の期間でまとめることにしたものである。

2.3 調査の対象

短期間に頻繁に修繕をする分野に調査対象を絞ることが、統計資料として誤差が少ないとの認識で、製鋼部門だけを対象にし、溶銑輸送から下注造塊までを九つの領域に分けて調査・検討した。この範囲は、耐火物の使用量からみると、鉄鋼用耐火物の全消費量のほぼ 70% に相当する。

2.4 地域分類

アンケートに対して寄せられた回答を欧州、北米、日本およびその他諸国の四つの地域に分類して集計した。

粗鋼生産量がほぼ等しく、近隣で、耐火物の使用状況が似ているグループに分類することを目的としたが、欧州の中での英国の特徴は埋没してしまつたし、その他諸国のグループは全く特徴のないものになつた。その結果日本だけが浮きあがることになつた。

2.5 回答率

アンケートは IISI に加盟している 43 か国の鉄鋼各社に送られ、そのうち 23 か国から回答があつた。この率は粗鋼生産量で、自由世界の 64%、全世界の 38% に相当する。設備別、地域別の回答状況を Table 1 に示す。

昭和 61 年 6 月 IISI 耐火物セミナーにて発表 昭和 61 年 11 月 4 日受付 (Received Nov. 4, 1986) (依頼技術資料)

* 川崎製鉄(株)鉄鋼技術部主査 (Iron-and Steelmaking Technology Dept., Kawasaki Steel Corp., 2-2-3 Uchisaiwai-cho Chiyoda-ku, Tokyo 100)

Key words: IISI Survey; refractory materials; Japan-Europe comparison; metallurgical practice; usage of refractory; classification method, natural resource; quality; energy saving; specific consumption; datasheet.

Table 1. Refractory study coverage compared to western world production (%).

	Europe	North America	Japan	Others	IISI
Hot metal	72	45	75	59	67
Oxyge (LD) steel production	80	54	100	74	81
EAF steel production	22	18	46	23	27
CC steel production	62	32	83	56	66

$$\% = \frac{\text{production tonnage from questionnaire}}{\text{total crude steel}} \times 100$$

設備別では電気炉の、地域別では北米の回答率が特に低い。電気炉は IISI に加盟していない企業に多く、世界的に回答が少なかつた。北米は合衆国の協力が乏しかつた。したがって、この報告書はデータの代表性という点では、地域的には欧州と日本は満足しているが、北米は不十分であり、設備的には転炉は十分であるが、電気炉は問題がある。

2.6 耐火物の分類

耐火物原単位を材質別・形状別に表すための耐火物の分類に、西独で採用されているシステムを準用した。

分類体系は報告書の付録に記載してあるので、ここでは省略し、日独の考え方の違いだけを指摘する。

日本の材質分類では化学組成に重点が置かれるが、西独のシステムでは鉱物組成に重点が置かれる。例えば超高温焼成のマグネシア・クロマイトレンガ ($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) は、日本では MgO が最多成分であるため塩基性の項に入れるが、主鉱物がピクロクロマイト (Picrochromite) であるという理由で、西独ではスピネルの項に入れる。

我が国では、耐火物の特性表には一般に化学組成が添記され、鉱物組成が添記されることはほとんどない。耐火物の諸特性を左右するのは鉱物組成であるから、我が国でも西独的考え方がもつと普及することが望ましい。

さらに、このシステムは形状コードをもっている。今後我が国は、不定形やファイバーの使用が一段と進むと考えられるので、現在の定形・不定形の区分だけでなく、形状についても分類コードを与える考え方が必要で、是非導入したい手法である。

3. 耐火物使用技術

3.1 溶銑輸送

3.1.1 混銑車における脱硫処理

溶銑輸送における最大の関心ごとは予備処理の実態であるが、1982 年当時、世界的には脱硫処理のみが問題であつたため、予備処理の調査は脱硫のみが対象とされた。

混銑車の脱硫処理状況を Table 2 に示す。IISI 全体

Table 2. Desulphurisation in torpedo ladles.

	Number of plants			ratio of hot metal DeS (%)	
	total	'80	'82	'80	'82
Europe	28	11	15	58	63
N. America	12	6	6	47	55
Japan	14	11	12	72	84
Others	11	4	5	61	71
IISI	65	33	38	62	71

でみれば、1982 年で 65 工場中 38 工場が脱硫処理を実施しており、工場数比率で 58% であるが、溶銑の処理量比率では 71% となる。すなわち大型製鉄所で予備処理が進んでいる。我が国は 14 工場中 12 工場で実施され、処理量比率でみても 84% と高い。北米の処理比率が低い。

3.1.2 混銑車用耐火物

海外の混銑車用耐火物は、天然鉱物をベースとしたシヤモット・アルミナ質 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) を原料とした材質が使われ、その原単位は予備処理なしで 0.6 kg/t-pig、予備処理をすれば 0.8 kg/t-pig 程度である。予備処理用の炉材として、C や SiC を含有したものが一部で使われ始めているが、我が国の Al_2O_3 -SiC-C のような本格的な予備処理に対応した炉材はまだ一般的でない。

3.1.3 将来展望

我が国では予備処理が脱けいや脱りんの方向へ進むと考え、海外では脱硫だけであると考えている。また耐火物原単位も、我が国が炉材や操業の改善で、予備処理が行われても上昇しないと考えているのに対して、諸外国では予備処理をすれば、50% 上昇すると述べている。

3.2 転炉

3.2.1 転炉プロセスの変化

転炉のプロセスを上吹き法 (LD-AC 法を含む)、底吹き法、複合吹錬法 (炉底から攪拌用ガスを吹き込む法) およびその他法の四つに分けて、地域別、年次別にその稼働基数を Fig. 1 に示す。合計基数が 2 年間でほとんど変わらないのに、上吹き転炉が減少し、複合吹錬やその他の転炉が増加した。すなわち、この 2 年間に上吹き法からこれらのプロセスへの転換が進んだことを示している。

転炉の容量で整理すると Fig. 2 がえられる。図から明らかなように、容量が 200 t 以下の炉はほとんど変化がないのに、200 t 以上の部分で複合吹錬の基数が増加している。すなわち、複合吹錬への転換は大型炉から始まったといえる。

上吹き転炉から複合吹錬転炉への変換は、その後急速に進み、我が国では報告書が出版された 1985 年末ではほとんどの転炉が複合吹錬化した。海外も同じ傾向を示し

ており、現在の転炉の姿は調査時と全く変わってしまった。

3.2.2 転炉用耐火物

転炉用耐火物の 1982 年における四つの地域別の材質比較を Fig. 3 に示す。欧州ではマグネシア (MgO) とドロマ (欧州ではドロマイト $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ を Calcine したものをドロマ $\text{MgO} \cdot \text{CaO}$ と称する。我が国ではこれもドロマイトと称するが本稿では区別して Cal-

cine したものはドロマと記す) が多く、北米ではマグネシアが大部分を占める。我が国ではマグネシア・カーボン (MgO-C) とマグネシア・ドロマ ($\text{MgO-MgO} \cdot \text{CaO}$) がほとんどである。(我が国のドロマは合成品がほとんどであり、欧州で多用されている天然のドロマとは異なることに注意を要する。)

我が国は吹付補修用の不定形の使用比率が高い。(現在は調査時よりかなり少なくなったが、まだ高いレベルである。)

その後、我が国ではマグネシア・カーボンがいつそう多用され、欧州ではドロマが増加している。この結果、欧州のドロマ、北米のマグネシア、日本のマグネシア・カーボンという図式はいつそう顕著となった。欧州や北米でも、マグネシア・カーボンが一部に使用されているが、コストが高いため、使用比率を増加させる状況ではない。

北米はマグネサイト (MgCO_3) の、欧州はドロマイトの大きな鉱床を域内にもち、この天然資源を活用する技術開発に専念している。これに対して、国内に天然資源の乏しい我が国では、高級原料を使った高耐用性の耐火物を開発し、原単位の低減に努めてきた。しかし、激烈化する今後の国際競争を考えると、これまでの高級化技術に加えて、低コスト品の開発にも眼を向ける必要が生じてきた。すなわち、高級化と低コスト化の 2 極に分化した研究開発を進める必要があると考えられる。

3.2.3 将来展望

転炉の操業条件の今後の変化が、耐火物消費におよぼす影響を調べた結果を Table 3 に示す。96 の事業所の

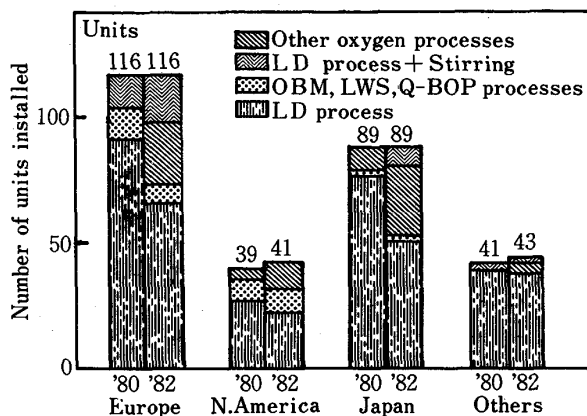


Fig. 1. LD converter process variations and number of units reported by each geographical area.

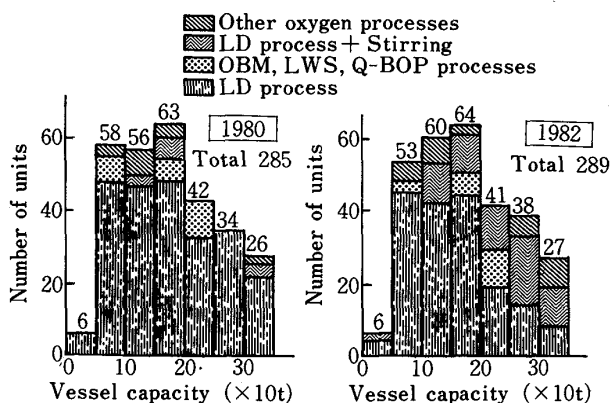


Fig. 2. Distribution of steelmaking processes and vessel capacities.

Table 3. Effect of operations on refractory consumption for converter (number of reply).

	Europe	North America	Japan	Others	IISI
More consumption	4	9	8	7	28
Less consumption	4	5	15	6	30
Unknown	11	6	12	9	38
Total	19	20	35	22	96

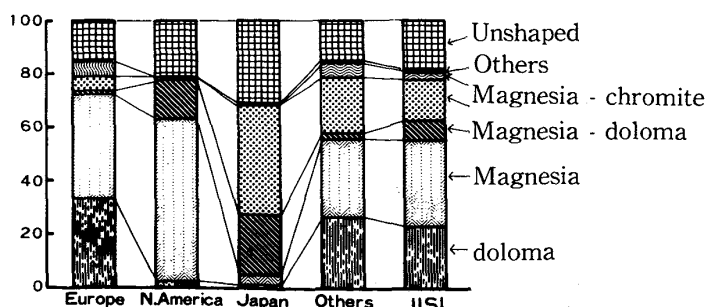


Fig. 3. Proportion of refractories used in oxygen converters.

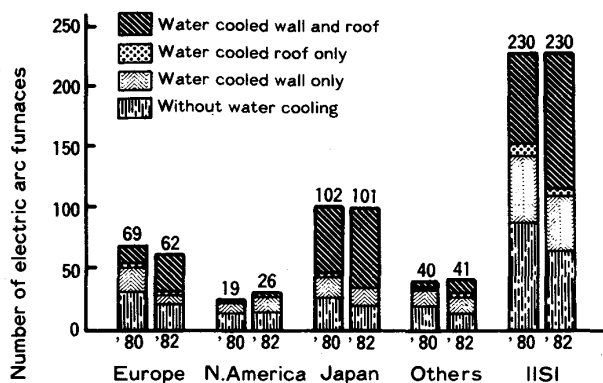


Fig. 4. Electric arc furnaces with and without water cooling 1980 and 1982.

回答は、ほぼ 1/3 ずつの割合で、①温度変動や攪拌力が大きくなるなど操業条件が苛酷になり耐火物消費は増加する、②複合吹錬によりスラグ中の FeO が減少するなど操業条件が緩和され耐火物消費は減少する、③操業条件の変化が耐火物に与える影響は不明である、の 3 者に分かれた。複合吹錬の影響を①とみるか②とみるか興味深い。

我が国は操業技術の変化の方向と炉材改善にかなり明確な見通しをもっているだけに消費量減少説が多く、逆に両技術に見通しの乏しい北米に増加説が多い。欧州は両者の中間であり、複合吹錬に対しても不明説が多い。

3.3 電気炉

3.3.1 電気炉用耐火物

電気炉の耐火物消費量は、水冷パネル化の進捗に伴い減少の一途をたどってきた。そこで最初に水冷化の状況を見る。Fig. 4 に水冷化の状況を示す。1980 年に比べ 1982 年は水冷のない炉が減少し、天井と炉壁がともに水冷された炉（以後両水冷炉という）が増加した。世界的に水冷化は確実に増加の傾向にある。我が国は既に両水冷炉が多く、北米が意外に少ない。

Fig. 5 に両水冷式電気炉用耐火物の材質と原単位を示す。欧州に比べて我が国は、マグネシア・カーボンレンガの使用比率が低く、原単位で 35% も高い。

転炉用耐火物原単位が 1~3 kg/t であるのと比較し、天井も炉壁も大部分が水冷され、耐火物は炉床と吹付補修材だけともいえる両水冷炉の耐火物原単位が、いまだに 5~9 kg/t であるのは一考を要する。特に今後は操業法も含めて炉床用耐火物の積極的な改善・開発が望まれる。

3.3.2 将来展望

電気炉は転炉以上に大きな変貌を遂げよう。まず第 1 に、電気炉鋼のシェアが増大する。IISI の統計によれば、自由世界の電気炉鋼のシェアは 1982 年は 28.4% であつたが、1985 年は 29.8% となつた。欧州では 35% になるのも近いといわれており、我が国でも同じ傾向にあ

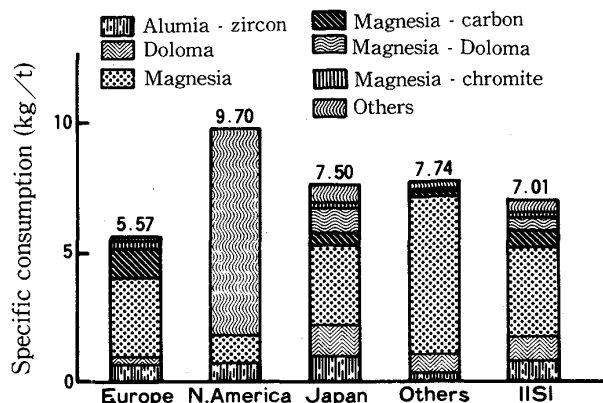


Fig. 5. Specific refractory consumption of EAF with roof and wall cooled (1982).

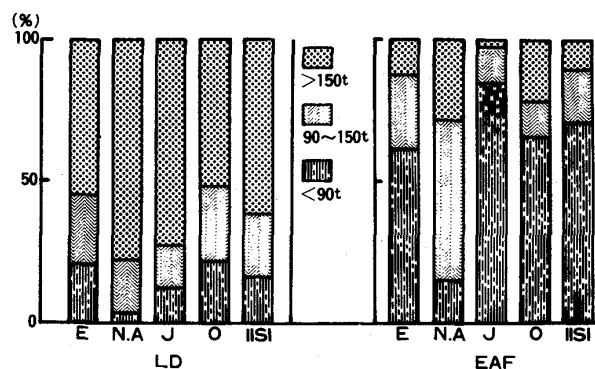


Fig. 6. Distribution of teeming ladle capacities in percentage (1982).

る。第 2 に、設備面では UHP 化が進み、生産性が向上する。これにより水冷パネル化が一段と進む。また欧州では直流電気炉が多くなると見ている。さらに、電気炉製鋼法に最大のインパクトを与える技術として、偏芯炉底出鋼法があげられている。この技術により、炉体の水冷化率が飛躍的に向上し、炉寿命が長くなり、鋼と滓の完全分離が実施され、生産性も一段と向上するなどといわれている。第 3 に、以上の操業技術の変化はいずれも耐火物原単位を低減させると考えられる。操業技術と連繋して耐火物技術が大きく変化することが期待されている。

3.4 溶鋼取鍋

3.4.1 取鍋容量

溶鋼取鍋の容量分布を Fig. 6 に示す。90 t と 150 t で三つに区分したのはあまり意味がなく、90 t 以下は特殊鋼や高合金鋼用、150 t 以上は大量生産の普通鋼用、90~150 t は両者の兼用に供される精錬炉に対応する取鍋という程度である。

取鍋の容量は精錬炉の容量に対応するので、この図は精錬炉の容量分布を示すともいえる。この観点からみる

と、北米は転炉・電気炉とも他の地域に比べて大型炉が多く、他の3地域はほぼ同じ水準である。その中で我が国は転炉で大型炉が多く、電気炉で小型炉が多い。一般に、小型炉は大型炉に比べて耐火物原単位が高い。しかも電気炉プロセスでは、取鍋用耐火物のコストが電気炉プロセス全体のコストに占める割合が高い。この面でも我が国の電気炉は問題があるといえよう。

3.4.2 2次精錬の割合

取鍋における2次精錬の処理内容に応じて、(1)処理なし、(2)攪拌処理のみ、(3)攪拌・粉体吹込み・真空処理の3段階に分け、転炉用と電気炉用に区別して、1982年の分布状況を Fig. 7 に示す。このデータは1年間に1ヒートでも処理されると“処理あり”として取り扱うので、図の処理比率がそのまま2次精錬処理量比率を表すものではないが、その概要を知ることができる。我が国の転炉鋼の90%、電気炉鋼の60%が2次精錬が可能な体制の取鍋で受鋼されている。すなわち、転炉鋼はほとんどが攪拌から真空処理まで可能な体制である

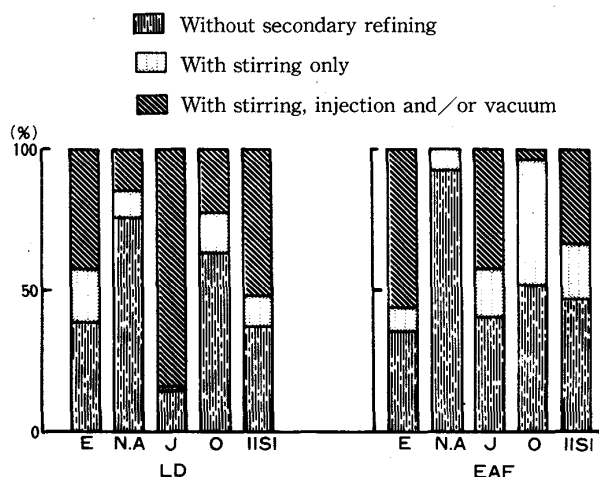


Fig. 7. Proportion of secondary refining to oxygen converter and EAF in percentage (1982).

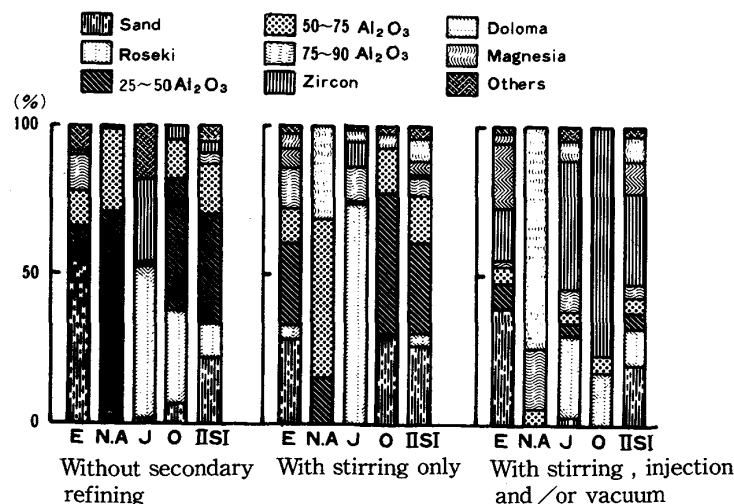


Fig. 8. Proportion of refractories used in teeming ladle for oxygen converter.

が、電気炉鋼はこの割合が欧州に比べて低い。

3.4.3 取鍋用耐火物

Fig. 8 は転炉用取鍋の耐火物を2次精錬の処理内容別に分けて示したものである。“処理なし”の取鍋で耐火物使用技術の顕著な地域の特徴がみられる。欧州のサンド(天然の低級な $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系原料を Chemical binder で固めた不焼成れんが、時にはスリンガー材として不定形で使われることもある)、北米の粘土質(Fire clay)、我が国のろう石がそれぞれ過半数を占めている。これらはいずれも $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系で化学組成は似ているが、鉱物組成も特性も全く異なる。一方、本格的な2次精錬処理の攪拌・粉体吹込み・真空処理用取鍋でも、高級化に対する地域的差異がみられる。欧州ではドロマ、ジルコン($\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2$)が多くなり、北米ではマグネシアが、我が国ではジルコンが多用されている。

ここで2次精錬取鍋用炉材として、ジルコンが最適かどうかを考える必要がある。清浄鋼溶製のための2次精錬取鍋に SiO_2 を含むジルコンが使われて、鋼を汚染しないか。またオーストラリアと南アフリカ以外から産出しないジルコンは今後のコスト低減に応えられるか、など問題は多い。今後我が国は取鍋用炉材として、欧州のドロマを研究課題に取り上げる必要がある。

3.4.4 連铸化が取鍋耐火物におよぼす影響

取鍋を担当したベルギーの J. PIRET が興味あるデータをまとめている。連铸比率が調査の2年間に大幅に増加した日本と欧州の七つの事業所を取り上げて、2次精錬の内容と取鍋耐火物原単位の変化を整理し、「連铸比率が増大すれば、出鋼温度が上昇し、取鍋内での溶鋼滞留時間が延長される。しかし、2次精錬の処理内容が変わらなければ、取鍋耐火物へのこれらの影響は軽微である。取鍋耐火物は連铸比率そのものよりも、連铸に伴って生ずる2次精錬の変化によつて変わる。」と述べている。

4. 総合原単位の検討

個々のプロセスのパフォーマンスは、その前後工程の影響を強く受けるので、個々のプロセスごとの耐火物技術を論ずるだけでは不十分であり、プロセス全体を一貫して検討し、その優劣を比較する必要がある。このため3種類のプラントを想定し、その地域比較を行った。

3種類のプラントとして、250万t年産の一貫製鉄所、50万t年産のミニミル、50万t年産のステンレス工場

precondition

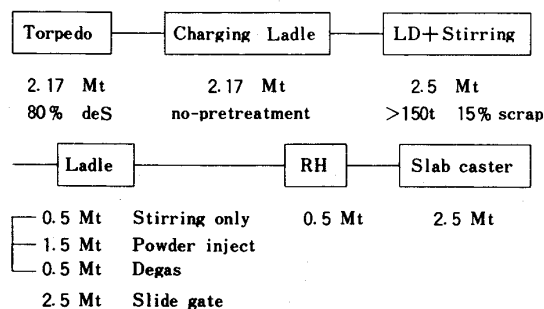


Fig. 9. Process flow of integrated steel works of 2.5 Mt.

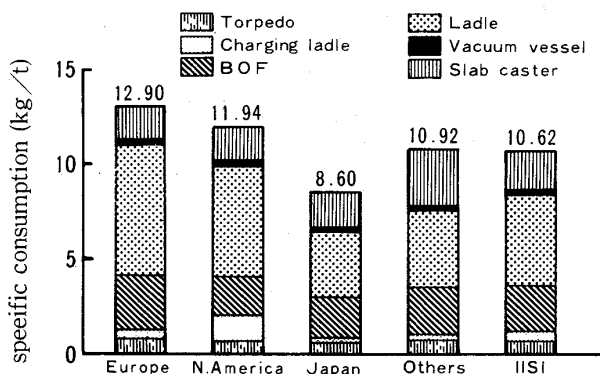


Fig. 10. Overall specific refractory consumption in integrated steel works of 2.5 Mt.

が選ばれた。これらの想定各プラントの操業諸元は世界の平均値から決められた。

4.1 一貫製鉄所

前提条件を Fig. 9 に示す。この前提にしたがつて、報告書の3章で得た各プロセスの耐火物原単位と材質を抽出した。例えば、我が国の非脱硫および脱硫処理の混鉄車の原単位はそれぞれ 0.6727 および 0.6785 kg/t-pig であるから、我が国の想定製鉄所の混鉄車用耐火物の対粗鋼原単位は 0.588 kg/t-slab となる。(この章では計算を単純化するため各工程の歩留りは 100% としてある。)

$$(0.6727 \times 0.2 + 0.6785 \times 0.8) \times 2.17 / 2.50 = 0.588$$

総合原単位を Fig. 10 に示す。図から明らかなごとく、我が国の原単位に比べて、欧州のそれは 1.5 倍である。しかし、比較すべきは原単位でなく、原単価である。材質区分にもとづき筆者が試算した原単価比較を Table 4 に示す。表によれば我が国と欧州の原単価は、ほとんど同じである。すなわち、上記プロセスで使われた耐火物の単価が、日本では 150 円/kg であり、欧州では 100 円/kg であった。ここに、我が国と比べたとき、欧州の高原単位、低原単価の実態をみることができる。

これまでの我が国の耐火物技術は、高品質・高耐用性をめざして世界の最高水準に達したが、その反面で非常に高価となつてしまった。今後のわが国の耐火物技術がめざす方向は、従来の高耐用性の研究に加えて、低価格品の開発力をもつ 2 面性を身につけることである。

4.2 ミニミル・ステンレス製鋼工場

両製鋼工場に対しても、それぞれ前提条件を設け、同様の計算をした。詳細は報告書にゆずるが、両製鋼工場とも我が国の耐火物原単位は欧米のそれとほぼ同水準で原単価では遅れをとっている状況である。この分野のシェアが今後大きくなるだけに重要な問題である。

5. 世界の耐火物消費量

Study team が作業を始めた当初から、メンバーは世

Table 4. Comparison of specific refractory cost between Japan and Europe.

	Japan			Europe		
	Refractory cost in yen/kg	Specific consumption in kg/t-steel	Specific cost in yen/t-steel	Refractory cost in yen/kg	Specific consumption in kg/t-steel	Specific cost in yen/t-steel
Torpedo ladle	147	0.588	86	80	0.768	61
Charging ladle	105	0.192	20	64	0.448	29
Oxygen converter	210	2.252	473	167	2.856	477
Teeming ladle	110	3.380	372	72	6.732	485
Vacuum vessel	231	0.180	42	140	0.240	34
Slab caster	116	2.012	233	62	1.856	115
Shrouding	1400	0.055	77	1200	0.078	94
Total refractory	(150)	8.659	1303	(100)	12.978	1295

Table 5. Reported consumption in IISI countries, 1982 refractory classes.

	Europe, (%)	North America (%)	Japan (%)	Others (%)	IISI total		World (10 ³ ton)
					Proportion (%)	Consumption (10 ³ ton)	
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	50.84	63.62	46.45	56.08	52.05	1,689	4,446
ZrO ₂ -SiO ₂	3.79	0.19	12.73	2.88	5.84	190	499
Forsterite	0.42	—	0.13	—	0.20	7	17
Basic	44.53	35.64	38.47	40.43	40.94	1,329	3,497
Spinel	0.37	0.25	0.88	—	0.44	14	37
Special	0.05	0	1.34	0.61	0.53	17	46
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
Consumption (10 ³ ton)	1,275	371	960	639		3,246	8,542

Table 6. Reported consumption in IISI countries, 1982 refractory forms.

	Europe (%)	North America, (%)	Japan (%)	Others (%)	IISI total		World (10 ³ ton)
					Proportion (%)	Consumption (10 ³ ton)	
Dense shaped	60.98	76.01	55.95	74.42	63.86	2,073	5,454
Dense unshaped	29.24	15.11	32.03	19.51	26.53	861	2,266
Plates	0.74	2.13	1.99	0.15	1.15	37	99
Insulating shaped	1.95	0.64	2.10	1.45	1.74	57	149
Insulating unshaped	1.21	0.06	1.03	0	0.79	26	67
Fibre	0.02	—	0.08	0.07	0.05	1	4
Special	5.85	6.06	6.83	4.40	5.88	191	502
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
Consumption (10 ³ ton)	1,275	371	960	639		3,246	8,542

界で消費されている鉄鋼用耐火物の材質別、形状別の総量および将来の変化予測を調査することを望んでいた。

しかし、この作業はまとめることができず、報告書にも掲載できなかつた。原単位が高いと思われる地域・設備での回答率が低く、また材質や形状の分類に統一性を欠いていたなどがその理由である。しかし、筆者はある程度の誤差は容認して、改めて回答を整理して概数を計算した。結果の一部を以下に述べる。

5.1 材質別消費量

Table 5 に 1982 年の材質別消費量と材質比率を示す。

回答を寄せた事業所の粗鋼生産合計は 2 億 4 500 万 t であったから、耐火物の総消費量が 324.6 万 t であることは総合原単位が約 13 kg/t であったことを示している。

この調査は全世界の 38% の粗鋼生産をカバーしているので、世界中が回答を寄せた事業所と同じ条件で耐火物を使用していると仮定すれば、そのときの全世界の製鉄用耐火物の消費量は約 900 万 t 弱となる。この調査は冒頭にも述べたごとく、高炉鑄床用や加熱炉用などの

分野を含んでいない。これら含まれていない分野が全体の約 30% と仮定すれば、全世界の鉄鋼用耐火物の総消費量は約 1 200 万 t となる。しかし、対象外の国々の耐火物原単位は、この報告書の値よりもっと高いであろうからおそらく 1 500 万 t くらいまで大きくなる可能性もある。

1985 年における我が国の鉄鋼用耐火物の総合原単位は 13.5 kg/t であったが、世界のそれは約 19~23 kg/t 程度となり、鉄鋼用に限っていえば、世界は我が国の 1.4~1.7 倍の耐火物を消費していることになる。

調査された範囲で材質を検討すれば、シャモット・アルミナ系が全体の 52% を占め、40% を塩基性が占めた。ジルコン系は 5.8% であった。今後はシャモット系が減少し、塩基性が増大する。ジルコン系は日本を含む東アジアを中心に若干増加するが、コストが高いため、世界全体として増加することはない。

我が国については、シャモット・アルミナ系が 46% と低く、ジルコン系が 13% と突出して高い。一方、塩基性は 38% で、欧州の 44% と比べて非常に低い。さらに量的にはわずかながら、スピネルや特殊品（主と

して SiC) の使用比率が著しく高い。このようなアプローチが我が国の低原単位を達成する原動力となつているのであるが、これが低原単価に結びつかないところに問題があり、悩みがある。今後この面に対する研究が期待される。

5.2 形状別消費量

形状別消費量を Table 6 に示す。この表は我が国の耐火物使用技術が世界のそれと、やや異なる動きをしていることを端的に表している。

自由世界全体でみれば、定形耐火物(耐火れんが)は全消費量の約 2/3 であり、不定形耐火物は約 1/4 である。

これに対して我が国は、耐火れんがは 56% と低く、不定形耐火物が 32% と高い。省資源・省力・省エネルギーをめざして、不定形化を推進してきた結果である。その後、我が国の不定形比率はさらに増加し、1985 年末には 45% となり、まだ上昇傾向にある。したがって、不定形化にあまり積極的でない欧米と、極力不定形化を進めようとしている我が国との格差は今後いつそう拡大するであろう。断熱材やファイバーの消費量でも、我が国は世界の先端を走っている。我が国の置かれている環境から、断熱化は当然の方向であるが、ここでもコスト上昇の方へ行きつつあるのが問題である。今後は材料技術と適用技術の密接な連繋のもとに、より高い次元の省エネルギーとコストダウンが同時に達成されることが期待される。

6. 結 言

IISI の耐火物報告書から、我が国の耐火物技術の特異点や問題点を選び、さらに報告書に掲載できなかった内容にも一部触れて、我が国と欧米、特に欧州と比較して筆者の見解を述べた。

我が国の耐火物技術は、その主要原料を輸入品と合成

品に依存してきたため、技術開発の方向が高品質・高耐用性にのみ向けられ、天然原料の利用技術の開発は著しく遅れてしまった。その結果、原単位では世界のトップレベルにあるが、原単価では欧米に遅れをとっていることが、今回の報告書でより明確になった。今後は、従来の高耐用性指向に加えて、低コスト品の開発にも一段と意欲を示さなければならない。

2 次精錬の発達に伴い、取鍋用耐火物として我が国ではジルコンの使用が目立っている。清浄鋼溶製とコストダウンのニーズに応えるためには、ジルコンよりドロマが適しており、欧州に遅れをとらない材質開発とその使用技術に今後の研究がまたれるところである。

不定形耐火物・断熱材・ファイバーの使用技術については、我が国は世界で突出して抜きん出ている。省資源・省エネルギー・省力が我が国の不断の命題であるから、当然の姿勢であり、今後ともいつそう強力に推進しなければならない。ここでもまたコストパフォーマンスが問題であり、材料技術と使用技術の強力な連繋のもと、国際競争力に打ち勝つ技術開発が望まれる。

この報告書は時期的には景気後退時でタイミングが悪く、時間的には検討に 2 年以上を要し、内容的には技術変化の速さに時代遅れの部分が生ずるなど、かなりの問題点をもっている。しかし、自由世界の 64% をカバーして製鋼分野における耐火物の使用状況を詳しく調査し、材質別に原単位を報告するとともに将来展望を述べた。

これまでに、このような世界的視野で耐火物を捕えた統計資料や技術解説の文献がなく、その出版が望まれていただけに画期的なものといえる。付録に掲載した詳細なデータとともに報告書の内容は世界の耐火物関係者に満足すべき情報を与えてくれると確信している。

積極的な活用を期待している。