



アラカルト

# 日本における最近10年間の製鉄技術の発展の現状と将来

## The Latest Trend and Future Aspect of Ironmaking Technology in Japan

緒方 勲  
Isao Ogata

讚井政博  
Masahiro Sanui

新日本製鐵(株) 技術総括部  
日本鉄鋼協会 製鉄部会 部会長

新日本製鐵(株) 技術総括部  
日本鉄鋼協会 製鉄部会 部会長直属幹事

### 1 緒言

日本鉄鋼業製鉄分野では、長年進めてきた新技術導入の歴史の中で、この10年間で更に、安価劣質原燃料の使用技術の推進、高炉・コークス炉の寿命延長対策の推進、省エネルギーの推進、廃棄物の利用、環境問題への着実な対応等の面で、新しい技術を開発してきた。

本報告では、日本における、この10年の生産概況とともに、これらの技術動向について概説し、今後の製鉄技術のマクロ動向と技術開発課題について述べる。尚、本報告は2003年6月ドイツで開催された世界製鉄会議で発表したものである。

### 2 最近の生産状況と生産構造の変化

Fig.1に、第二次世界大戦後の日本の鉄鋼生産データを示すが、第二次世界大戦後拡大してきた鉄鋼生産は、1973年の粗鋼120百万トン/年、鉄鉄91百万トン/年をピークに漸

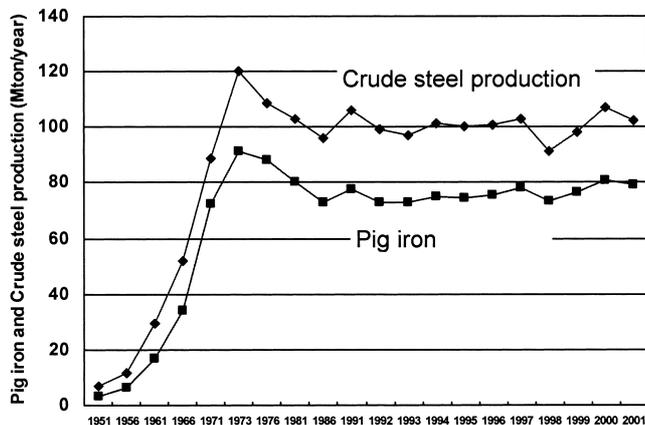


Fig.1 Changes in pig iron production and crude steel production in Japan

減しており、ここ10年の鉄鋼生産は、粗鋼100百万トン/年、鉄鉄生産は80百万トン/年程度で推移している。

Fig.2に、日本での稼働高炉本数と平均内容積の推移を示す。稼働高炉基数は1973年の68本をピークに漸減しており、現在日本で稼働中の高炉の本数は、ピーク時の半数以下の29本である。

この間、小型高炉の休止・改修高炉の炉壁薄壁化による高炉の大型化・効率化が進んでおり、現在稼働中の高炉の平均内容積は3761 m<sup>3</sup>、最大内容積の高炉は君津4高炉の5555 m<sup>3</sup>である。

高炉メーカーでは、高炉休止に併せて、下工程を含めた生産設備の削減を進めてきている。その結果、Fig.3に示すように、要員削減努力も含めて、労働生産性の大幅な向上を成し遂げた。現在の労働者ひとりあたりの粗鋼生産量は、1,400ton/head/yearとなっている。

この10年間では、特に以下の技術が大きく改善されてきており、本報告では、この技術改善を主に紹介する。

- (1) 石炭・鉄鉱石資源事前処理技術の進展による安価劣質資源対応技術
- (2) 高炉・コークス炉の長寿命化技術

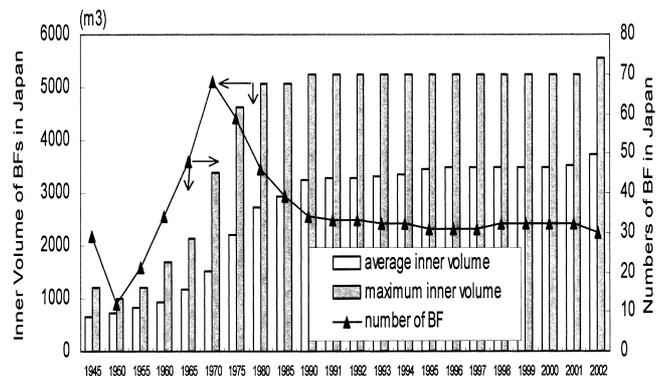


Fig.2 Numbers, average inner volume and maximum inner volume of blast furnace in Japan

- (3) 製鉄工程の省エネルギー技術
- (4) 製鉄所発生ダストのリサイクル技術及び廃棄プラスチック再資源化技術

### 3 石炭・鉄鉱石資源の変化と事前処理技術の進展

#### 3.1 鉄鉱石資源事情の変化

Fig.4に、1991年と2001年の日本における鉄鉱石輸入実績を示すが、豪州系47→56%、南アメリカ系29→24%、インド系15→13%と、豪州系鉄鉱石への依存度が増加した。日本は、鉄源競争力向上のため、CIFベースでの安価劣質原料の調達を推進し、豪州鉄鉱石の使用比率を増やしてきた。

Table 1に、豪州系鉄鉱石の埋蔵量・品位を示す。高品位へマタイト鉄鉱石は枯渇の時期を迎えており、既にマラマンバ鉄鉱石の入荷が始まっている。Fig.5に、ここ10年のピソライト鉄鉱石の全鉄鉱石中の使用比率推移を示すが、日本では豪州系鉄鉱石の中でもピソライト鉄鉱石の使用比率を着実に上げてきた。マラマンバ鉄鉱石の課題は、-0.15mmの微粉の割合が高いことであり、既に多量使用している高Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・高結晶水のローブリバー鉄鉱石や高結晶水のヤンディー鉄鉱石と組み合わせ

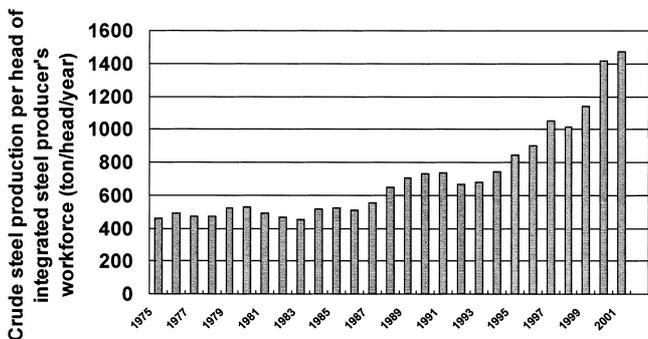


Fig.3 Trend of crude steel production per head of integrated steel producer's workforce

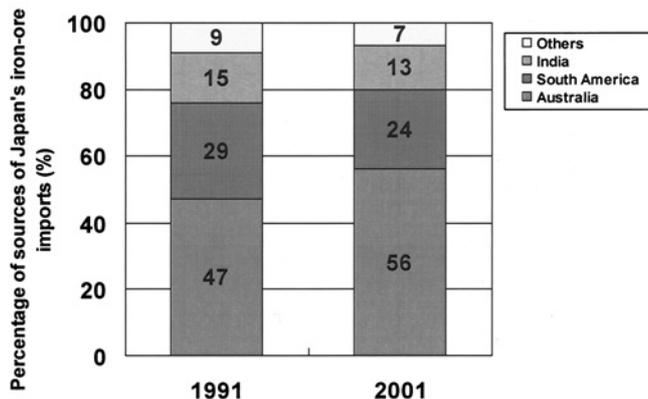


Fig.4 Changes in the percentage of sources of Japan's iron-ore imports

せて使用していく必要がある。

このため、日本では高Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>鉄鉱石の無害化技術やアルミナ濃度の高い微粉部分の造粒技術の開発が重要である。以下に、日本で開発された劣質鉄鉱石を使いこなす技術について述べる。

#### 3.2 鉄鉱石事前処理技術の進展

日本では、焼結鉄比率が約75%であり、その品位が高炉操業に大きな影響を及ぼすことから、品位向上・焼結生産の効率化についての技術開発がなされてきた。特に、微粉鉄鉱石及び高アルミナ鉄鉱石を使用するために、住友金属工業<sup>1)</sup>の分割造粒技術、新日鐵<sup>2)</sup>の選択造粒技術、JFEのHPS (Hybrid pelletized sinter)<sup>3)</sup>等の技術を開発してきた。

新日鐵の選択造粒技術は、高アルミナ鉄鉱石微粉部分の造粒特性を利用し、このアルミナの悪影響を抑制することで、焼結反応を改善するものである。

#### 3.3 石炭資源事情の変化と石炭事前処理技術の進展

日本では、安価石炭資源の活用を図り、コストを削減するために、石炭の事前処理技術を開発してきた。装入炭水分を低下させることにより、石炭のコークス炉への装入密度を向上させ、コークス強度を改善する。この改善した品質裕度を

Table.1 Amounts and grades of typical iron-ore resources in Australia

		Hematite	Robe river	Yandi	Marra mamb	HP-B
Reserves	Million tons	2,070	3,000	5,200	6,900	9,000
TFe	%	63.7	57.1	58.3	62.2	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	1.99	2.66	1.35	1.99	-
-0.15mm	%	12.4	4.2	3.3	17.2	-
L.O.I	%	2.6	9.0	10.3	5.3	-

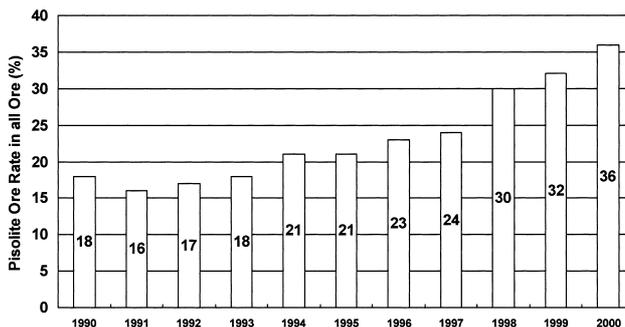


Fig.5 Pisolite rate in Japan's total iron-ore imports

非微粘炭増使用に振り当てて、コストメリットを享受する。その結果、新日鐵の非微粘炭比はFig.6に見られるように、大きく改善してきた。また、装入炭水分も着実に低下させ、コークス炉の省エネルギーに貢献している。

1983年には、CMC (Coal Moisture Control) 技術が実機化され、1992年にはDAPS (Dry-cleaned and Agglomerated Precompaction System)・CMC II技術を実機化した<sup>4)</sup>。DAPSプロセスでは、石炭は乾燥分級機で微粉石炭と粗粒石炭に分けられ、粗粒石炭はそのままコークス炉へ、微粉石炭は成型工程に送られる。成型工程では、乾燥微粉炭が連続的に成型機に供給され、タールをバインダーとしたチョコレート状の成型物をコークス炉に送っている。

変化する資源事情に柔軟に対応していくことは、我々製鉄技術者の使命であるが、日本鉄鋼業はここ10年、特に劣質原燃料を使いこなすことに凌ぎを削ってきた。これは、量の伸びを期待できない中で日本鉄鋼業の生き残りのための努力であったが、いずれ世界の良質資源が枯渇してきた時に、世界でも役に立つものと確信している。

## 4 高炉とコークス炉の長寿命化

### 4.1 高炉の長寿命化

高炉の改修には多額の設備投資が必要であり、長寿命化が望まれる。Fig.7に、日本の吹止め高炉の火入れ時期と炉代効率の関係を示すが、着実に高炉の長寿命化を図ってきていることがわかる。

Fig.8に、炉代効率と炉代出銑比の関係を示す。従来、高炉の長寿命化は、主に低出銑比操業の高炉で達成され、JFE東日本(千葉)6高炉が21年を達成し、近年はJFE西日本(倉敷)2高炉が稼動24年を迎えている。

しかし、最近では、一炉代に亘り、高出銑比操業を継続し、高い炉代効率を狙う高炉もある。最近の改修する新日鐵の高

炉は、現在高出銑比操業でも、炉代効率16,500t/m<sup>3</sup>(出銑比=2.0t/d/m<sup>3</sup>で22.6年、1.8t/d/m<sup>3</sup>で25年)を目標としている。

Table 2に、吹止め高炉の吹止め理由を示すが<sup>3)</sup>、1970年代

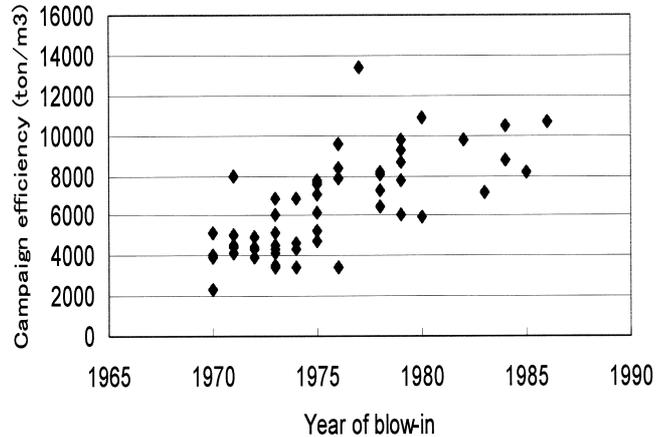


Fig.7 Campaign efficiency of blast furnace in Japan

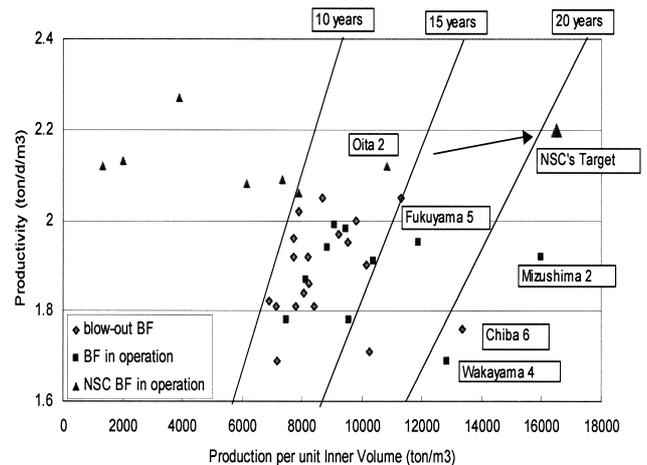


Fig.8 Relationship between blast furnace campaign efficiency and productivity coefficient in Japan

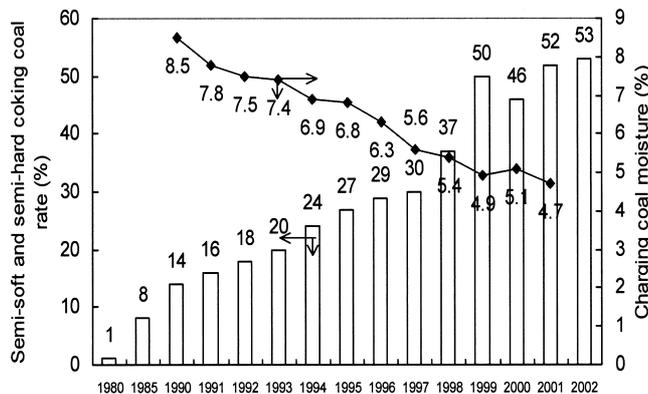


Fig.6 Trends of semi-soft and semi-hard coking coal rate in Nippon Steel

Table.2 Causes (neck point) of blown-out blast furnace

	1975-1985	1986-2000
Throat, Shaft, Bosh	43 (36%)	22 (22%)
Bottom	11 (9%)	3 (3%)
Hearth side wall	29 (24%)	47 (47%)
Other equipment	0 (0%)	6 (6%)
Production structure	36 (31%)	22 (22%)

の高炉の吹止め理由は、主にシャフト寿命限界によるものであったが、最近では生産構造以外では、高炉はほとんどが炉床壁レンガ寿命限界で吹止めしている。この間、日本では炉体冷却設備の改善、炉底冷却設備の改善により、炉代効率を確実に伸ばしてきた。以下に、新日鐵で開発してきた炉命延長技術について述べる。

#### 4.1.1 シャフト寿命の改善

日本では、ステーブ導入以降、その性能改善を進めてきた。Table 3に、新日鐵での改善例を示す。実施されたステーブの改善ポイントは、パイプピッチの縮小・背面蛇管の設置・コーナーパイプの設置・鑄込み鑄くるみレンガの材質形状改善、等である。その結果、従来のステーブに比較し大きな寿命改善が図れ、冷却盤の寿命を凌ぐようになり、1994年から順次改修時に冷却盤高炉をステーブ冷却化しており、2003年に新日鐵全ての高炉のステーブ化が完了した。

しかしながら、球状黒鉛鑄鉄 (FCD) ステーブでの炉寿命は15～20年と考えられ、上記のように20～25年の炉寿命を狙うためには、将来欧州と同様に銅ステーブが主流になると推察される。

銅ステーブの採用は、欧州では一般的になりつつあり、朝顔・炉腹・シャフト下部に設置されている。新日鐵でも、良好な冷却能力・一炉代の炉体プロフィールの安定性を考慮して、順次銅ステーブの採用を進めており、今年火入れした君津4高炉では朝顔からシャフト上部まで全て銅ステーブを採用している。

#### 4.1.2 炉底レンガ寿命の改善

炉底レンガの寿命延長には、新日鐵ではレンガ内面の冷却能力を向上させ、レンガ表面に粘ちよう層を発達させること、及びこの粘ちよう層の溶損防止のため溶銑炉壁流速を低下させることがポイントであると考えている。

##### (1) レンガ冷却能力向上対策

- ・レンガの高熱伝導率化
- ・レンガ中のマイクロ気孔削減による耐溶銑浸透性向上
- ・冷凍機、銅ステーブ導入による冷却能力向上

##### (2) 中心ガス流確保による炉底環状流の防止

Table 4に、改善してきたカーボンレンガの基本物性を示す。2001年には、CBD-2カーボンレンガを使用した室蘭2高炉を改修し、炉床コアサンプルを調査したが、炉底カーボンレンガの緻密化 (高熱伝導率化) が、長寿命化に有効であったと解釈できるデータを得た。尚、新日鐵では更なる長寿命化を目指し、君津3高炉から高熱伝導率の性質を維持しながら、レンガ表面に粘稠層を形成することにより、耐溶銑性を向上させることを狙ったCBD-GT1レンガを開発した。更に炉床壁への銅ステーブも採用している。

また、日新製鋼では炉床壁冷却への冷凍機導入を実施している<sup>5)</sup>。

操業ソフト面で炉床活性維持による炉床壁レンガ損耗防止対策として、高炉で中心ガス流を維持して炉底を活性化することの大切さは、従来報告されているが、神戸製鋼では、中心ガス流制御のため、「コークス中心装入法」を導入して、高炉の炉芯活性維持を図っている<sup>6)</sup>。Fig.9に、コークス中心装入の炉内状況へ及ぼす影響の概念図を示す。この設備は、シャープな中心流を維持した逆V型の融着帯を造り、炉芯・炉床の通気改善に有効であることが報告されている。

銅製ステーブの導入により炉体ステーブの損傷が防止できることが確認されれば、将来は炉底のみの交換改修技術が日本でも実施されると予想される。

#### 4.2 コークス炉の寿命延長

日本のコークス炉は、昭和40年代の高度成長期に集中して建設されており、Fig.10に示すように、平均炉令で33年、最高炉令で39年に達し、その老朽化は着実に進行している。炉寿命の推定は難しいが、現在50～55年と推定している。しかし、コークス炉の建設コストが膨大なこともあり、各社

Table.3 Improvement to staves made at Nippon Steel

	1 <sup>st</sup> generation	2 <sup>nd</sup> generation	3 <sup>rd</sup> generation	4 <sup>th</sup> generation	4 <sup>th</sup> generation (Improvement)	Cu
	1696-1972	1973-1976	1977-1984	1985-1994	1995-2002	2003-
Pipe pitch (mm)	220-240	220-240	180-240	180-240	120-180	135-185
Rectangular-bend of pipe	-	0	0	0	0	-
Forced circulation cooling	-	0	0	0	0	-
Installation of serpentine	-	-	0	0	0	-
Installation of corner tube	-	-	0	0	0	-
Installation of Γ shape tube	-	-	0	0	0	-
Cast-in brick	0	0	0	0	0	-
Internally chilled brick	-	-	-	0	-	-
Materials	FCH	FCH	FCH/FCD	FCD	FCD	Cu

Table.4 Basic physical properties of blast furnace carbon brick

	BC-5	CBD-1	CBD-2	CBD-2RG	CBD-3RG	CBD-GT1
Bulk density (t/m <sup>3</sup> )	1.56	1.58	1.59	1.71	1.76	1.96
Total porosity (%)	18.7	17.3	18.5	19.0	23.1	19.7
Micro Pore (%)	16.0	11.0	2.7	1.0	0.2	0.15
Compressive strength (%)	40.5	43.0	45.1	66.9	63.0	76.2
Bending strength (%)	11.7	11.9	12.3	15.0	15.2	21.4
Conductivity (W/mK)	17.1	13.2	13.8	23.3	33.3	37.0

ともコークス炉の寿命延長技術が経営上の重要課題として精力的な取り組みがなされている。

コークス炉の損傷は炉令とともに、窯口炉壁付近の損傷から炉内中央炉壁への損傷へと拡大しているが、このような炉壁の損傷と環境対応力の低下で炉寿命が決定されると考えられている。

近年、炉体の診断技術とその補修技術に関し、著しい進歩があった。例えば、新日鐵では炭化室全域にわたり診断・補修が可能となる設備を開発・実機化し、効果を上げている。このような延命施策の継続により50～55年の寿命を目標に努力が続けられている。

一方、来たるべきコークス炉のリプレイスに備えて、日本の鉄鋼各社は共同で、次世代コークス製造技術 (SCOPE21) の開発を国家プロジェクトとして推進している。このプロジェクトは21世紀の社会環境に充分耐えうるプロセスの構築を目標として掲げ、1995年より開発をスタートし、2003年3月にパイロットプラント試験を終了した。

日本のコークス炉は、今後も延命施策を継続していくことになるが、2010年頃より寿命となるコークス炉が出現してくるものと考えられるが、日本では最近20年間はコークス

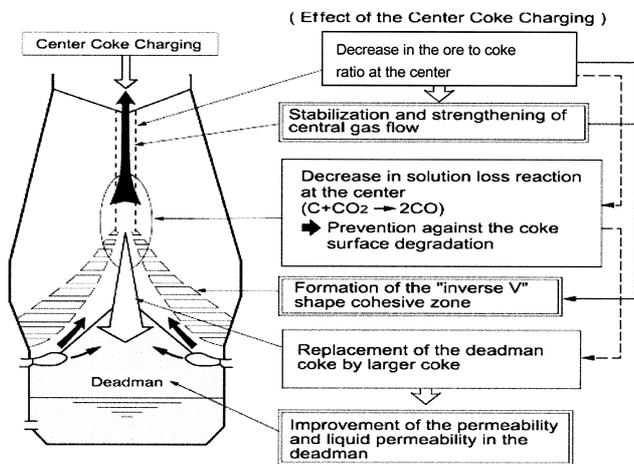


Fig.9 Control of in-furnace process by using center coke charging method

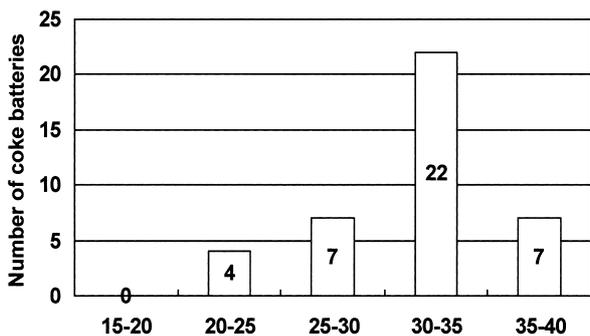


Fig.10 The age of coke batteries in Japan

炉建設の経験がなく、この対応が重要な課題となる。

## 5 製鉄工程の省エネルギー技術

日本鉄鋼業は、エネルギー資源の国外依存度が高く、オイルショック以降、省エネルギー技術の進歩に多大な努力を払ってきた。Table 5に、日本の高炉・焼結機・コークス炉への省エネ設備装備率の変化を示す。

1996年、日本鉄鋼連盟では、地球温暖化防止と循環型社会の構築を柱とした、自主行動計画を取り決めた。地球温暖化防止対策としては、以下を上げている<sup>7)</sup>。

- (1) 製鉄所での省エネルギー
- (2) 低温エネルギーソースの効率的利用
- (3) 鉄鋼生産製品を通じた省エネルギー貢献
- (4) 外国への技術移転

Fig.11に、1990年以降の日本鉄鋼業のエネルギー消費の推移と2010年の目標値を示す。目標値は、粗鋼生産1億トンを前提に、対1990年で2010年までに10%のエネルギー消費を削減することに、廃棄プラスチックの利用による貢献1.5%のエネルギー消費削減を加えて、11.5%を削減するというものである。2000年実績では約6.1%の省エネルギーを達成しているが、日本鉄鋼業の省エネルギーは元々進んでおり、今後一層の新しい視点からの取り組みが必要となる。

鉄鋼の省エネルギー技術として重要な項目である微粉炭吹

Table.5 Energy-saving equipment ratio of blast furnaces, sintering plants and coke oven plants in Japan

	1990	2001
PCI	78%	100%
Top gas Recovery Turbine	91%	100%
Hot Stove Waste Heat Recovery	98%	98%
Waste Heat Recovery in Sintering Plant	56%	72%
Coke Dry Quench	57%	76%
CMC or DAPS	28%	61%

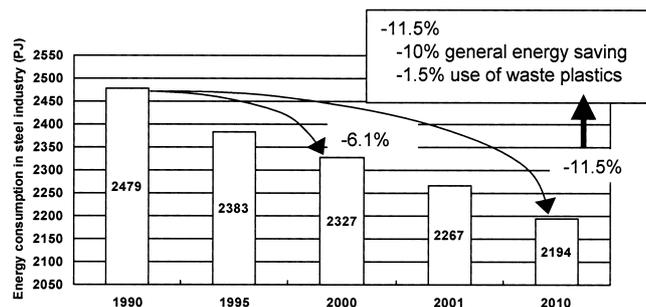


Fig.11 Actual energy consumption in the Japanese steel industry and voluntary action target

込み (PCI Pulverized Coal Injection) について、以下に述べる。日本での高炉PCI操業は、既に20年を超える歴史を刻んできたが、最近では各会社・各高炉の事情 (出銑所要・エネルギーバランス 等) に合わせたPCI操業を指向してきた。Fig.12に、日本での高炉の還元材比 (RAR Reducing Agents Rate) の構成の変化を示す。微粉炭比 (PCR Pulverized Coal Rate) は、各高炉への普及に従い、徐々に増加していき、日本の全高炉に設備が完了した1998年には130 kg/t-p に到達している。

JFEや神戸製鋼所の高炉で200 kg/t-pを超える高PCR操業がみられる。神鋼加古川1高炉では、コークス中心装入を用いた炉芯・炉床の通気・通液性の改善、炉内圧損を最小とする逆V型融着帯構築のための装入物分布制御、PC燃焼焦点の最適化等の技術を用いて、1994年にPCR 210 kg/t-p (RAR 520 kg/t-p) を安定的に記録している<sup>8)</sup>。また、JFE西日本 (福山) 3高炉では火入以降、HPS比率の増・PRの増・焼結鉱SiO<sub>2</sub>低減やコークス粒径拡大を行い、PC燃焼性向上のために偏芯ダブルランスを採用し、コークス中心装入を含めた装入物分布の最適化を行い、1998年には、火入れ3ヶ月で、PCR 266 kg/t-p (RAR 560 kg/t-p) を安定的に記録している<sup>9)</sup>。

Fig.13に、各高炉の出銑比とPCRとの関係を示す。一般的には、高出銑比操業を実施している高炉ほどPCRは低い傾向がある。しかし、最近宝鋼やPOSCOの高炉では、高出銑比で200 kg/t-pを超える高PCR操業が見られる。高PCR操業の難しさは、高Ore/Coke操業であり、出銑比や原燃料品質によって大きな影響を受ける。Fig.14に示すように、代表的な高炉の通気抵抗について解析すると、高PCR操業は、コークス・焼結鉱品質の中で特にコークス強度の影響を強く受けるが、宝鋼・POSCOは高強度のコークス (コークスDI 87~89%) を使用して高出銑比高PCR操業の基盤としている。

また、所内のエネルギーバランスによっても、操業志向が異なり、高炉RAR目標の設定が相違する等の影響を受ける。

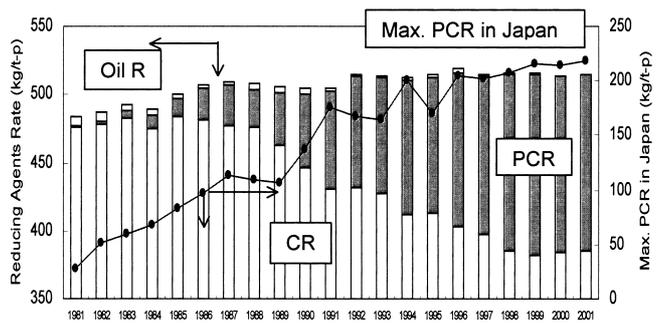


Fig.12 Changes in consumption of blast-furnace reducing agents rate

従って、各製鉄所毎に、エネルギーコストミニマムの操業形態及びコークス炉寿命を考慮に入れて、最適なRAR・PCRレベルを決めて操業設計を行っている。

日本では、今後安価劣質原燃料を使用しつつ、その品質の適正化を図り、如何に高出銑比操業と高PCR操業 (低CR操業) を図っていくかが長期的な課題である。

## 6 製鉄所発生ダストのリサイクル技術及び廃棄プラスチック再資源化技術

日本の鉄鋼業からは、年間40百万トン規模の副産物を産出しているが、1990年には2.3百万トンが最終処分に回っていた。日本鉄鋼連盟では、2010年に最終処分量を0.5百万トンまで抑える計画である<sup>10)</sup>。

まず、スラグについては、高炉スラグ比削減や溶銑成分の改善で発生量そのものを削減している。JFE西日本 (福山) では、高RAR操業下で羽口先理論燃焼温度の低下による低

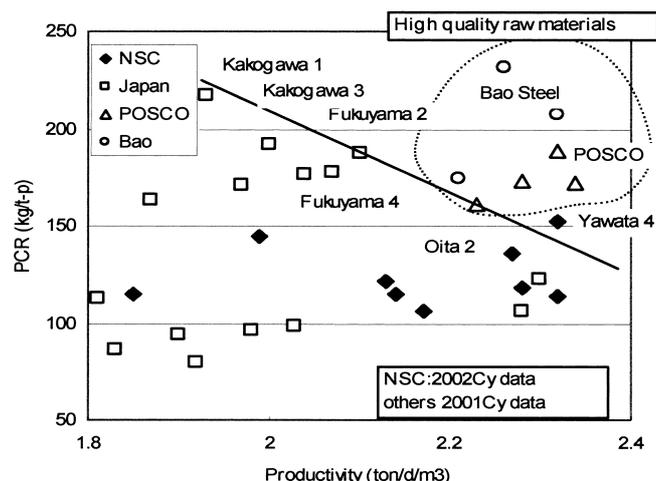


Fig.13 Relationship between PCR and Productivity

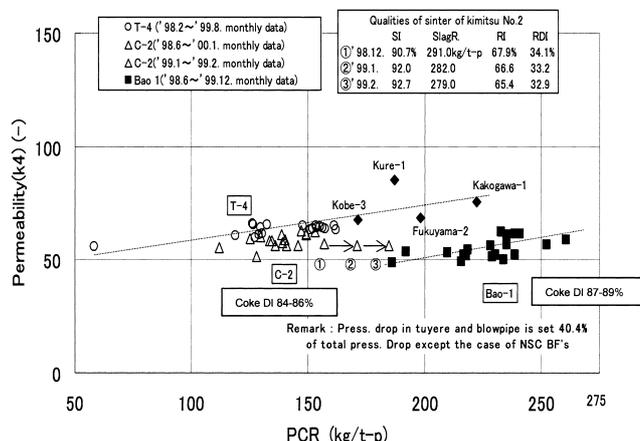


Fig.14 Permeability of BF in Japan and Bao steel

[Si] 操業を安定継続している。融着帯低下・羽口先理論燃焼温度低下時に問題となる炉壁・炉芯の不活性については、コークス中心装入等の装入物分布の最適化で防止している<sup>11)</sup>。

従って、将来の目標達成のためには、ダスト・スラッジ排出量を低減する必要がある。

また、近年の環境問題の高まりとともに、廃棄プラスチックのような世間一般が廃棄・燃焼していたものを、製鉄所のインフラを使って、リサイクル使用し、循環型社会の構築に貢献していくことも、鉄鋼業の大きな課題となっている。

### 6.1 RHF (Rotary Hearth Furnace)

製鉄所発生ダスト・スラッジのリサイクルは、既設設備(焼結・転炉)での再使用が主体であるが、使用不可能な原料は、別設備での処理がなされている。

新日鐵では、製鐵所で発生する低水分・高亜鉛のダストをペレット化し、還元・脱亜鉛して還元ペレットを製造するRHF設備を、2000年に君津製鐵所に導入した<sup>10)</sup>。RHF Step Iの設備フローをFig.15に示すが、還元ペレットは高炉で使用し、還元材比低減を行っている。その設備スペックをTable 6に、操業実績と設備計画時の操業計画との対比をTable 7に示す。生産量・脱亜鉛率・金属化率は計画レベル以上の実績を上げている。更に、2002年には君津製鐵所に高水分のスラッジを処理するRHF step IIを実機化した。

### 6.2 廃棄プラスチック再資源化技術

プラスチックは多くの分野に使用されており、その使用量の増加とともに廃棄量も増加し、現在その量は約10百万トンと推定されている。日本鉄鋼業では、製鐵所の既設インフラを利用して、廃棄プラスチックを使用することで循環型社会の構築に貢献している。

JFE 東日本(京浜)製鐵所では、廃棄プラスチックを適正

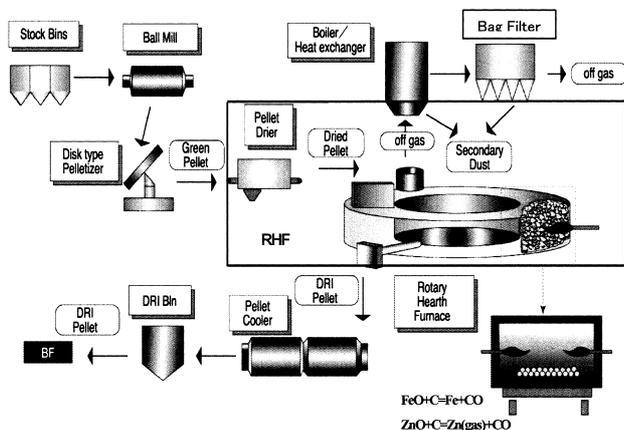


Fig.15 Schematic flow diagram of the RHF equipment in Kimitsu works

な粒度に破碎し、高炉に羽口から吹き込んで、還元材(10~12kg/t-p)として使用している。また、新日鐵は廃棄プラスチックをコークス炉でリサイクル使用している。

新日鐵では、コークス炉の有する高温還元雰囲気での石炭乾留機構を、廃棄プラスチックの分解処理工程に適用し、一般廃棄プラスチックを石炭とともに乾留し、コークス・タール・軽油・ガスを回収するケミカルリサイクルプロセスを実現した<sup>11)</sup>。

2000年に名古屋製鐵所と君津製鐵所で、2002年には八幡製鐵所と室蘭製鐵所で、合計150千トン/年の設備能力を有する設備を稼働させた。2001年の新日鐵の廃プラスチック使用量は57千トン、2002年度の使用量は103千トンであった。

## 7 将来の展望

日本では、1901年に初めての近代製鐵所がスタートして、100年の歴史を刻み、2001年より、新しい100年のスタートをきった。今後、劣質化していく原燃料条件に対応し、厳しくなる環境規制の中で、高炉システムを維持していくために

Table.6 Specification of RHF in Kimitsu works

Type	Rotary Hearth Furnace
Hearth Diameter	20 meters ( at hearth center )
Hearth Area	230 square meters
Processing Capacity (Green Pellet Base)	23 tons/Hr ( 180,000ton/year )
Green Pellet Diameter	5-20mm
Pellet Layer	1-2 layer
Processing Temperature	1,250-1,350 °C
Retain Time	10-20 minutes
Off-Gas System	Boiler , Air Heater , Bag House

Table.7 Operation results of RHF in Kimitsu works

	Plan	Results
Productivity(Green P) (ton/hr)	23	25
Crushing strength (Mpa)	5	10.4
Dezincification ratio (%)	90	92
Metallization ratio (%)	70	75-85

は、更なる技術の発展を図っていく必要がある。その中で、特に以下の5項目が重要な項目であると考え<sup>12)</sup>。

(1) 資源問題

今後枯渇及び劣質化が予想される資源を高効率で使用していくために、従来進めてきた劣質原燃料の品質改善技術(事前処理技術)を更に発展させる必要がある。

(2) 省エネルギー問題

地球環境問題を踏まえて、近年強く要求されるようになったCO<sub>2</sub>削減・省エネルギーのための、高炉低還元材比操業技術を更に発展させる必要がある。また、後述するコークス炉寿命問題から、同時に低コークス比操業技術と両立させる必要がある。

(3) 高炉とコークス炉の寿命問題

今後予想されるリプレースに伴う投資負担軽減のために、高炉とコークス炉の寿命延長技術を更に発展させる必要がある。併せて、遅滞なきように次世代の技術開発を完成しておく必要がある。

(4) 環境ソリューション事業の鉄事業への取り込みとゼロエミッションの実現

これからのゼロエミッションの確立及び循環型社会構築には、大量の廃棄物を効率的に処理することが重要である。製鉄所設備の潜在的能力及び各地域での製鉄所の立地条件を活かせば、製鉄設備は最も適切な廃棄物処理設備を提供し、社会に貢献することができる。

(5) 従来の高炉製鉄プロセスに替わる新鉄源の研究

従来型の高炉プロセスでは、省エネルギー・劣質原料の使用に限界が見えてきている。現行の高炉法を補完し、高炉法と組み合わせることで、製鉄所トータルでの省エネルギー・資源対応力を具現化できる新しい鉄源プロセスの検討も求められる。

参考文献

- 1) T.Kawaguchi, K.Kuriyama, T.Kozono, S.Sato, K.Tanaka, Y.Hida and T.Miyake: Design of pseudo particles considering distribution of CaO component in sinter, Proceedings of the Sixth International Iron and Steel Congress, ISIJ, (1990), 40-47.
- 2) T.Haga, A.Oshio, S.Kasama and D.Shibata: Selective Granulation Technology of Iron Ores for Controlling melting Reactions in the Sintering Process, Proceeding on the 4th ECIC, (2000), 118-125.
- 3) N.Sakamoto, A.Kumasaka, H.Noda and H.Yanaka: Fundamental Investigation of the hybrid pelletized sinter process, Proceedings of the Sixth International Iron and Steel Congress, ISIJ, (1990), 56-63.
- 4) S.Tanaka, K.Okanishi, A.Kikuchi and Y.Yamamura: Operation of dry-cleaned and agglomerated precompaction system 56th. Ironmaking Conference Proceedings, 56 (1997), 139-142.
- 5) O.Terayama, T.Funakoshi, Y.Hoshikuma, S.Nunomura and N.Hirota: Technical Improvements to keep the high productivity operation for long period at Kure blast furnace, The First International Congress of Science and Technology of Ironmaking, ISIJ, (1994), 456-461.
- 6) M.Shimizu, Y.Kimura, S.Inaba, R.Hori, K.Kuwano and F.Noma: Control of cohesive zone and deadman permeability of blast furnace Kobe Steel Engineering Report, 41 (1991) 4, 11-15.
- 7) S.Nishizawa: Approach to Environmental Protection in Japan's Steel Industry, IISI-36, Conference Papers 6, (2002)
- 8) K.Kadoguchi, T.Goto, R.Ito, T.Yataba and M.Shimizu: Higher Pulverized Coal Injection Rate Operation at the Large Scale Blast Furnace, Kobe Steel Engineering Report, 46 (1996) 1, 2-5.
- 9) A.Maki, A.Sakai, A.Shimomura, I.Ohkouchi, T.Maruyama and M.Sato: High Coal Rate Operation at Fukuyama No.3 Blast Furnace NKK Engineering Report, No.166, (1996), 60-64.
- 10) M.Sumida: Current State of Practical Technologies for Dust, Scale and Sludge Utilization in Japan, IISI Committee on Technology 34th Regular Meeting, (2002)
- 11) K.Kato, S.Nomura and H.Uemastu: Waste plastics recycling process using coke ovens, ISFR, (2002)
- 12) I.Ogata, M.Sanui: The latest trend and future aspect of ironmaking technology in Japan, Proceedings of the 3rd International Conference on Science and Technology of Ironmaking, ISIJ, (2003), 27-32.

(2003年6月26日受付)