

第1章 製鉄

1.1 製鉄技術最近10年の進歩

1.1.1 原料・高炉部門

(1) 高炉・焼結設備の生産状況

ここ10年の鉄生産は約8千万t/年、焼結生産は約1億t/年で推移しているが、2002年に中山製鋼船町の高炉2本が休止し、2004年にはJFE千葉の5BFが休止した。焼結機の新設・休止はない。現在日本全国で稼働している高炉は28本である。小型高炉の休止・改修高炉の大型化により、現在の高炉平均内容積は4,002 m³、最大内容積は大分2高炉の5,775 m³である。最近では、中国を中心とした需要の伸びが大きく、各社とも高出鉄比安定操業、焼結高生産率操業が求められている。

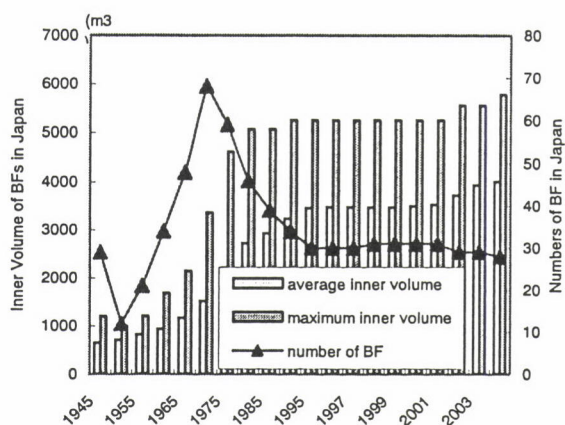


図1.1 日本における高炉基数、平均内容積、最大内容積の変遷

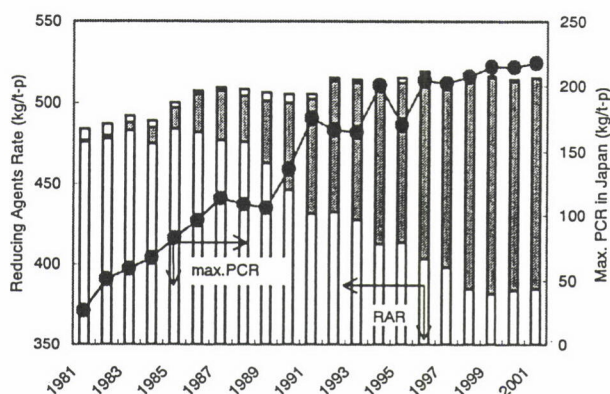


図1.2 日本における高炉の還元材比構成の変遷

(2) 鉄鉱石資源状況とその対応

我国の鉄鉱石輸入では、豪州からの輸入が2003年で全体の約61%を占め、ブラジルからの輸入は全体の約18%であり豪州比率が増加した。豪州鉱石では高品位ヘマタイト鉱石は枯渇時期を迎え、順次ピソライト鉱石の使用比率を上げてきたが、最近の世界的鉄鉱石需要の高まりにより新規鉱山の開発が加速されており、既にマラマンバ鉱石の入荷及び少量ではあるが高嶺ブロックマン鉱石の入荷も始まっている。

焼結工程では、微粉原料・高アルミナ原料を使用していくために、分割造粒・選択造粒・HPS等の技術を開発してきた。また、焼結能力を向上させるためのパレット拡幅、スタンド焼結等の高生産技術も実機適用されている。

(3) 高炉の長寿命化

高炉の長寿命化は、特に低出鉄比操業の高炉では、高炉炉体冷却・炉底レンガの改善により、最近では20年を超えた炉寿命の高炉が出現している。2003年に吹止めたJFE西日本(倉敷)2BFが24年の寿命を記録し、現在住金和歌山4BFが炉令22年である。1970年代の高炉の吹止め理由は、シャフトネックの高炉が多数を占めていたが、ステープ設備の改善や炉体補修技術の進展により、現在の吹止め理由のほとんどは炉底レンガ損耗率速となっている。炉体補修では、和歌山・福山のように炉腹部分までのステープ交換も実施されている。また、最近では銅ステープを採用する高炉が増え、新日鐵君津4高炉では炉底及び朝顔～シャフト上部まで採用している。炉底レンガの改善は、マイクロ気孔削減による耐溶鉄浸透性向上、高熱伝導率化を中心に進められてきた。最近ではTiCを含むカーボンレンガも開発され、君津3高炉で実機適用されている。また、日新呉では寿命延長対策として炉床壁への冷凍機を導入した。

(4) 微粉炭吹込み操業の進展

日本での微粉炭吹込み操業は20年を経過したが、現在全高炉にPCI設備が装備され、全国PCRは2003年には125 kg/t-pigとなっている。神戸製鋼加古川1BFではコークス中心装入技術を用いて、1994年には年間微粉炭比(PCR) 210 kg/t-pigを安定的に記録し、JFE西日本(福山)3BFでは1998年にPCR 266 kg/t-pigを記録している。従来、高炉の還元材比目標は、所内エネルギーバランスの影響で、各所目標がバラバラであったが、近年の高出鉄比操業へ

の要求、コークス炉老朽化による製鉄能力の低下、及び地球環境問題、等により、高出銑比低還元材比操業下での低コークス比 (CR) 高微粉炭比 (PCR) 操業が求められている。

(5) 発生物資源化対応技術の開発

製鉄所で発生するダスト・スラッジのリサイクルは既存設備で実施されてきたが、2000年には新日鐵君津で回転炉床炉 (RHF) によるダスト処理設備が実機化され、2002年には高水分のスラッジを処理する2号機が実機化されている。

また、国内で発生するプラスチックのリサイクル問題に、省CO₂の視点からも積極的に取り組み、高炉吹込み・コークス炉での利用を実施している。

1.1.2 石炭・コークス部門

最近10年のわが国のコークス製造は、ひとつの転換期にあったと考えられる。コークス生産量はバブル崩壊後の鉄鋼需要低迷に伴う減産基調の環境から、中国での鉄鋼需要増大に牽引されたコークス需要増へと変化し、また、ガス需要の変化、地球環境問題への対応など、従来とは異なる外的要因の影響も受けた10年間であった。コークス炉の稼動状況をとってみても、都市ガスの天然ガス化に伴いガス製造各社所有のコークス炉が相次いで休止し、1996年にはガス会社によるコークス製造の歴史に幕がおろされるという変化があった。コークス製造の面では、鉄鋼需要低迷期には鉄鉄製造コスト削減を目指して、安価な非微粉炭の使用増大や、高炉への微粉炭多量吹き込み操業を支えるためのコークス製造が指向されていたが、近年では、高炉の高出銑比操業を支えるコークスの製造が重視される環境へと変化し、さらに地球環境問題への対応から廃プラスチックのコークス原料化といった新技術も実用化されるようになった。また、設備投資面では、コークス炉炉体の老朽化に対応した延命技術への投資から、コークス炉の新増設といった大型投資も行われる環境に変化しつつある。以下では、わが国における主要なコークス関連技術の最近の進歩を概説する。

コークス原料の配合技術においては、非微粘結炭増使用技術の発展が重要である。コークス用原料炭に占める非微粘結炭の使用比率は1990年代初頭の約20%程度から、至近では約50～60%にまで増大し、原料コストの低減に寄与した。このような非微粘結炭使用拡大は石炭事前処理技術の進歩によるところが大きく、事前加熱によりコークス炉装入石炭の水分を低減させる調湿炭法や微粉炭塊成化 (DAPS) 法の設備がわが国のほとんどの炉団で採用されるに至った。

コークス製造コスト削減の観点から、省エネルギー技術、省力化技術の導入も進められた。上述した石炭調湿プロセスによる省エネルギーに加え、コークス乾式消火設備 (CDQ)

の導入も進み、現在ではCDQで消火されるコークスは国内全生産量の80%以上となっている。コークス工場の省力化は移動機や計測設備を中心に進められ、全移動機の無人化や自動運転システムの高度化により操業サイクルタイムを6分にまで短縮した事例が報告されている。

鉄鋼需要の低迷期にあつて、コスト低減に加えて重視されたのが、炉命延長技術である。わが国のコークス炉はその多くが1970年前後の高度成長期に建設されており、最近20年間は新設もなく、炉令は平均で約33年、最高では40年と、従来、コークス炉の寿命と言われていた35年を超える炉団も現れている。コークス炉の更新には多大な投資が必要となることもあって炉寿命の延長が重要課題と認識され、補修技術、炉体診断技術、操業管理技術の高度化が行われた結果、老朽化に伴う休止炉団を生むこともなく現在までほぼ順調な操業を継続できている。

コークス製造に影響を与えた外的要因としては、環境問題が挙げられる。粉塵やガス漏れなどの有害排出物抑制に高度の対策が求められたことに加えて、CO₂排出抑制に代表される地球環境問題への対応も求められた。こうした背景のもと、コークス炉での廃プラスチック原料化技術が2000年に実機化され、容器包装リサイクル法に基づいて収集される廃プラスチックのリサイクルが達成されている。

以上のような実設備、実操業面での技術の進歩に加えて、次世代炉の研究開発も活発に推進された。日本鉄鋼連盟により国家プロジェクトとして1994～2003年度に研究が行われたSCOPE21 プロセスは、室炉式コークス炉の資源対応力強化、高生産性、環境対応力強化などを目指したもので、50t/d規模のパイロットプラント試験により生産性2.4倍、非微粘炭使用割合増大などの成果が得られた。新コークス製造技術については諸外国でも研究や実機化が進められ、EUでは単室構造の超広幅炉 (炉幅850 mm) であるJCR (Jumbo Coking Reactor) の研究が1996年まで実施された。炉幅600 mm程度の広幅炉はドイツにおける新設炉としては一般的な炉形式となり、2003年稼動の新設炉においても採用された。また、この炉においてはCDQに代わり、有害物質の排出を大きく低減した高効率湿式消火方式CSQ (Coke Stabilization Quenching) が新たに開発、採用された。アメリカでは有害排出物の低減を目指し、副産物非回収のピーハイブ炉を改良して炉内発生のコークス炉ガス、タールの燃焼熱を回収する熱回収炉が1998年に実機化された。コークス化に関する基礎的な研究としては日本鉄鋼協会の研究会を中心に活発な産官学共同研究が行われ、軟化熔融機構に関する自己溶解モデルなど、石炭の粘結性に関する基礎的知見が深められた。

以上のような技術の動きの後、2003年に至って、中国の