

1.4.4 含炭塊成鉱使用による反応効率向上技術

含炭塊成鉱の製造研究は20数年前にも検討されたが、高炉の生産性向上技術として再び脚光を浴びている。炭材を内装した塊成鉱の還元速度に関する理論検討（カップリング反応）、高温場における還元・溶融挙動の調査あるいは形状（ブドウ状、テトラ型など）に関する検討、強度の高い炭材内装熱間成型ブリケットの製造および還元・浸炭挙動など、内装炭材の種類、量の検討や還元速度に関し数多くの検討がなされている。高炉内条件での反応挙動の調査によれば、通常1,000℃の熱保存帯温度を820℃前後まで低下でき、かつ反応効率を改善できること、焼結鉱との混合使用が望ましい等の知見が出つつあり、今後の発展が期待されている。

1.5 高微粉炭吹き込み（PCI）下での高炉操業技術

高炉への微粉炭吹き込み操業は、第2次石油危機後の1981年に新日鐵大分第1高炉に大型高炉として初めて採用されて以来、急速に普及し1998年には日本国内で稼働中の30基の高炉すべてに吹き込み設備が設置された。微粉炭吹き込み操業は（1）コークス炉の老朽化対策としてのコークス代替還元材 （2）安価非粘結炭使用による溶鉄コスト低減を目的として行われる。

微粉炭多量吹き込み時の高炉内現象を模式的に図1.3に示した。炉頂から供給されるコークス代替として、羽口から微粉炭が供給されるので炉頂温度が上昇する。また、鉱石／コークス比の増加による炉上部の圧力損失の上昇、融着帯の通気性の悪化、未燃焼PC、コークス粉の蓄積による炉芯不活性化等により高炉全体の通気が悪化する。また、ガス流の周

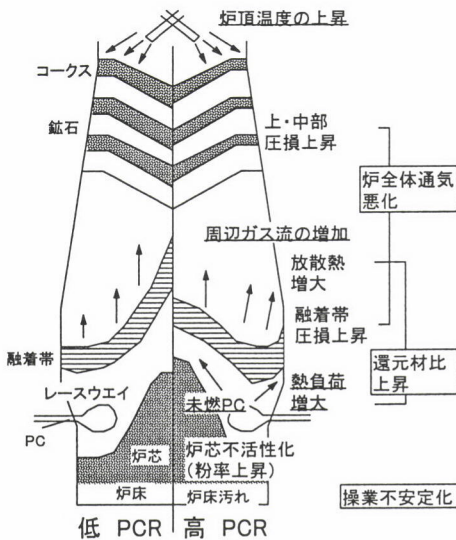


図1.3 微粉炭多量吹き込み時の高炉内現象

辺流化による炉体放散熱の増加により還元材比が上昇する。また、炉床汚れにより出鉄率が安定せず、操業自体が不安定化する問題がある。高出鉄比、低還元材比操業時に高微粉炭比操業を行うにはこれらの課題を解決することが必要となる。

1990年以降の国内各社の大型高炉の微粉炭吹き込み操業の実績を数例図1.4に示した。1990年代には、微粉炭吹き込み設備の導入、吹き込み量の増加とともに、コークス比が350～400 kg/tまで低下した。2000年以降、出鉄比が増加するとともに、微粉炭比はむしろ低下傾向を示している。

過去10年間の微粉炭多量吹き込み操業実績を表1.1に示した。加古川第1高炉では、1994年に年間微粉炭比210 kg/t、1998年3月に月間微粉炭比254 kg/tを達成した。炉頂ガス温度上昇と炉体熱負荷増大に対しては酸素富化の増加、融着帯根位置の上昇を抑止するために炉壁近傍のo/cを上昇した。また、同時期1998年6月に福山第3高炉でも微粉炭多量吹き込み操業を行い、月間微粉炭比266 kg/tを達成した。燃焼性を改善するために高燃焼率の酸素—微粉炭ランスを採用した。このように、高微粉炭操業技術自体は90年台末にはほぼ確立された。ただ、いずれも出鉄比が2.0以下、還元材比も500 kg/tを大きく上回る条件での高微粉炭比操業と

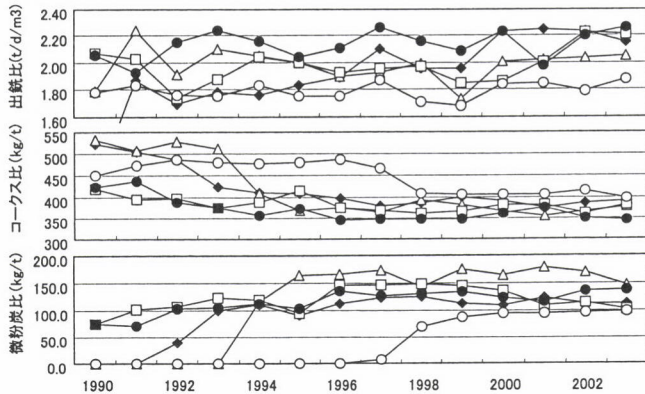


図1.4 国内各社の大型高炉の微粉炭吹き込み操業

表1.1 1990年代微粉炭多量吹き込み操業実績

会社		NKK	神戸製鋼	NKK	神戸製鋼	神戸製鋼	新日鐵
高炉		福山 3	加古川 1	福山 4	加古川 3	神戸 3	君津 3
内容積	m³	3223	4550	4288	4550	1845	4063
装入装置		Bell+MA	Bell+MA	Bell+MA	Bell+MA	Bell-less	Bell-less
年月		'98.6	'98.3	'94.10	'98.3	'98.3	'93.11
生産性	t/d/m³	1.90	1.88	1.97	1.88	2.14	1.86
コークス比	kg/t	289	291	314	291	294	318
微粉炭比	kg/t	266	254	218	203	203	181
還元材比	kg/t	555	546	532	495	497	499
酸素富化率	%	4.80	4.10	2.70	4.10	2.80	3.67
送風温度	℃	1220	1233	1238	1233	1200	1224
スラグ比	kg/t	266	265	274	265	279	284
ランス種		Oxy-coal	Single	Eccentric Double	Single	Single	Single

なっている。

最近では、回復した鉄鋼需要に対応する高出鉄比、地球温暖化ガス排出量の抑制にむけた低還元材比操業下での微粉炭吹き込み技術に視点が移りつつある。POSCO 光陽第3高炉では、2002年5月には出鉄比 3.26t/d/m^3 WVを微粉炭吹き込み 150.8kg/t 、還元材比 472kg/t の条件で達成している。コークスの強度をDI150を86.2%、CSRを71.6%と高く保つとともに、 CaCl_2 散布によるRDI低下(21%)などの原料性状の改善を行っている。炉床活性化のために、ガス流の中心流指数、溶鉄への炭素飽和度、炉芯沈降指数を用いていることが注目される。また、羽口前風速を 210m/s から 270m/s に上昇して炉芯不活性化を防止している。宝山製鉄所では1999年9月に全所平均で微粉炭比 214kg/t 、出鉄比 2.23t/d/m^3 、還元材比 506kg/t を達成している。新日鐵戸畑第4高炉では、2001年10月に出鉄比 2.3t/d/m^3 、還元材比 481kg/t 、微粉炭比 157kg/t を達成している。高出鉄比、低還元材比下での高PCI操業では、装入物分布制御に加えて高強度コークス、小塊コークスの鉬石への混合装入、高反応性焼結鉬の使用などの原燃料品質の改善が必要と考えられている。

1.6 高炉の改修と長寿命化技術

1.6.1 技術の動向

国内では1995年以降の10年間で16基の高炉が改修火入れされた。炉末期でも競争力を維持すべく改修時に最新の技術を適用し、技術のスパイラルアップを図ってきた。高炉改修時に適用された最近の主要技術は炉容拡大、長寿命化、鋳床作業の機械化、及び改修工期短縮である。

1.6.2 炉容拡大

生産要請に対応すべく、多くの高炉で改修時に炉容拡大が図られている。炉容拡大は改修費用抑制のため炉の高さをあまり変えず炉径の拡大で達成されている。操業実績から判断すると、高さが低く炉径が大きいタイプの方が通気の面で優位であり増出鉄には有効である。高炉基礎や櫓の大幅な変更なしで経済的に炉容拡大するケースでは、薄壁化の効果と併せて炉容拡大率は約20%程度となっている。

1.6.3 長寿命化技術

高炉改修に併せて炉寿命の律速部位であるシャフト部と炉底部に対して長寿命化対策をとってきた。

図1.5に国内高炉の炉寿命の推移を示す。1970年代前半迄に火入れした高炉の寿命は5年から7年程度であったが、直近では操業技術の進歩とあいまって出鉄比を低下させること

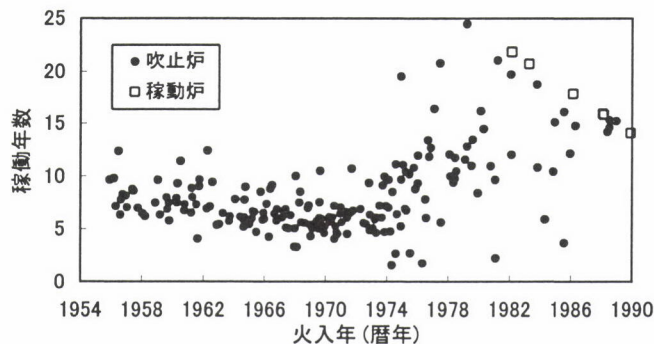


図1.5 国内高炉の炉寿命推移

なく約15年に延長されており、25年に達する高炉も出現してきた。この結果、高炉の累計出鉄量は最高で $15,000\text{t/m}^3$ 超レベルに達している。

- (1) シャフト部の長寿命化対策；1969年にソ連よりステープを導入して以来、耐久性向上のため種々の改善を図ってきた。第4世代ステープではステープにレンガを鋳込むことにより前面レンガを不要とし、高炉の稼動プロフィールの変化をミニマム化することによる操業安定化を図ってきた。直近では更なる冷却強化を目的に銅ステープが採用され、適用範囲も拡大してきている。炉内ガス温度を $1,200^\circ\text{C}$ と仮定すると、リブ先端の最高温度は約 200°C となり、母材強度が維持できる温度レベルにある。ステープ取り替え等の補修技術の進歩も加わり、シャフト部は今後寿命律速部位でなくなることになる。
- (2) 炉底部の長寿命化対策；炉底部の長寿命化対策として、冷却強化とカーボンレンガの材質向上を図ってきた。炉底側壁部では出鉄口下部の最侵食部位で冷却強化型の鋳鉄ステープや銅ステープを採用し、冷凍機による冷却水温度の低減も図っている。カーボンレンガ材質の改善としては、主に熱伝導率向上と細気孔径化による耐溶鉄性向上を指向してきた。高炉吹き止め後の炉底カーボンレンガのコアーサンプリングでは、従来材質では炉内稼動面側約 300mm の部位に脆化層が認められたが、細気孔径化されたカーボンレンガでは溶鉄の浸透や脆化層が認められず、材質改善の効果が確認されている。更に改善を加えたカーボンレンガが現在稼動中であり、今後は一層の炉底寿命延長が期待できる。

1.6.4 鋳床作業の機械化

鋳床作業の省力化及び快適性を狙って、機械化、遠隔操作化を実施してきた。マッドガンと開孔機のハイパワー化により高品質マッドが使用可能となり、出鉄滓作業の効率が向上した。小型モニター画面や大型スクリーンを使用した鋳床機器の計器室からの遠隔操作化が図られ、傾注樋切替え作業の