

第 100 回講演大会討論会報告

I. 高炉燃料比の理論限界

日本鋼管(株)京浜製鉄所

座長 樋口正昭

昭和 54 年に開催された第 54 回製鉄部会において、高炉の燃料比が共通議題として採り上げられ、当時の操業条件に基き理論限界燃料比は約 405 kg に各社の推定が一致していた。その後の第 2 次オイルショックによりオールコークス操業の実施、COM, TCM, PCI などのエネルギー多様化により新しい操業技術が必要となり、限界燃料比も変ることが予想された。原料面においては、微粉化、低 SiO₂ 傾向が予想され、このような原料から製造せられた燃結鉱の炉内性状の炉内反応と理論限界燃料比に対する影響は重要である。一方最近では、海外の一部においてシャフト炉法による直接還元が成立し、SKF, ELRED 等の熔融還元プロセスも開発されつつあり、将来の可能性も含めて幅広い観点から、高炉との対比において理論限界燃料比を論ずることをねらいとした。

今回は、4 件の講演をいただいたが、製鉄プロセスの将来動向から、操業技術、生産性、燃料原単位とすべてを包含する大テーマであり、与えられた時間内で、操業面、燃料エネルギー面、原料面、新プロセスと異つた観点からの討論を企図したが、十分な討議を尽せず、一部の討論をカットせざるを得なくなつた。

以下、各講演と討論の主要点につき述べる。

討 1 大型高炉における燃料比の理論限界 和栗(新日鉄大分)

Rist モデルと反応伝熱モデルを用いて、大型高炉における燃料比を各々 400~410 kg と 400 kg と推定。限界となる現象について、羽口先理論火炎温度の上昇により塊状帯が拡大し、ガス利用率が向上、燃料比が低下するが、温度になるとこの部分の温度が下りすぎ総合的な効率の悪化と、ムーバブルアーサー制御によつて融着帯を適正につくり炉体熱負荷と同時に炉頂温度が低下している間はよいが、融着帯が限界を越えて下りすぎると炉冷をきたす。限界燃料比達成へのステップとして、高還元、高熱動率の炉内温度分布確保のための融着帯形状確保、等 6 つの点についての改善策を述べている。これに対して、羽田野(住金、中研)は、限界燃料比に対する生産性と炉体熱損失係数の燃料比に及ぼす影響を、断面的な一数式モデルを用いて説明し、限界の現象については同意見としながら、住金の事例を引用し、融着帯レベルと炉頂ガス温度低下に相関があるが、数日の遅れがあることを指摘した。近藤(北大)は、限界の現象に注目、

モデル計算によるその予測の可能性、オールコークス操業時の羽口先理論火炎温度の限界値、制約因子、この限界を拡大する方策など、いずれも各社が模索している問題について討議を行つた。更に近藤は、溶銑中の Si の濃度レベルについて、湯溜り部における Si による FeO の還元を考慮する必要性を示唆した。桑原(名大)は、高炉のモデルによりガス流れ計算の結果を示し、コメントを与えた。

討 2 高炉低燃料比達成のための原料性状と原料処理技術 山田(川鉄水島)

低燃料比に要求される原料特性として、ガス利用率の向上を図るため、粉率が少し、低 RDI、高 RI、低温、及び高温強度が高いことと、炉下部での熱的特性として、スラグ比低下のため SiO₂ 低減、軟化開始・熔融滴下温度幅が小さく安定していることをあげた。改善の方向として焼結鉱の RI 向上のため、マグネタイト鉱石減、低温焼成による多成分系マグネタイト生成防止、保熱時間の延長をあげた。また低 SiO₂ 焼結の製造は、高温保熱時間を長くしたヒートパターンで低速度、高層原操業で対処し強度は維持できるが生産性は低下する問題があり、目標を SiO₂ 5.5%、FeO 4.5% として開発が進められている。ベルレス高炉にこのような焼結炉が高配合することによつて燃料比 420 kg の達成が可能であることを千葉 6 高炉の事例で示した。将来の原料事情として、ブラジルの Soft Hematite の増加、豪州の Marramamba 鉱床の使用、インドやブラジルの Blue Dust の使用による微粉化傾向、低 SiO₂ 傾向が今後の課題であると述べ、そのような条件下において製鉄所全体のトータルエネルギーの低減と低燃料比への挑戦の必要性を強調した。

前川は(神鋼、中研)高炉の燃料比低減には焼結鉱、ペレットの性状に加えてコークスの品質が重要であることを強調、加古川の事例をあげて、コークスの DI₃₀ の低下に伴い、V/ΔP の低下、スリップの多発、燃料比の上昇をもたらすことを述べた。焼結鉱の品質管理について、RI か SI の重視度合、半径方向の分布制御に対するベルレス高炉の有利性の燃料比に及ぼす効果、燃料比低減のための装入アルカリ低減必要性について討論された。

大森(東北大 選研)高炉操業のための焼結鉱品質管理基準、高炉の実態にあわせた荷重軟化・熔融滴下試験では FeO の影響を無視できないことを問題提起した。

討 3 オールコークス操業における燃料比の限界 水野(住金 和歌山)

断面均一高炉モデルにより液燃使用時の理論限界燃料比を 406.5 kg, オールコークス 440 kg と推定した。オールコークス操業で燃料比低減を図る際に、羽口先温度の上昇に伴い断面平均溶解帯レベルが低下、1 炉下部スリップを惹起するが、この原因として、羽口先コークス消費速度増加により、炉芯と溶解帯の間の流路の流速過多と、O/C のフラット化により溶解帯帯低下に起因する流路の狭小化によることを想定し、解析例を報告して、分布制御による溶解帯の中間部低下防止を強調した。

和歌山 5 高炉の実績を基にして、平衡論、速度論により、重油吹込時及びオールコークス時の理論限界燃料比を推定し、大型高炉の限界燃料比は 440 kg としたが、和歌山の実績では、炉況の安定を加味した適正燃料比は 475~480 kg であると述べた。更に今後の燃料比低減には、スリップ減少対策の重要性を強調した。

松原（神鋼 本社）オールコークス操業時に、スリップの多発現象の解釈については同意見、特にオールコークス操業時の出銑比限界について 1.9~2.0 t/m³/日ではないかと述べ、更に低燃料比、高出銑比を得るには、装入物管理強化、分布制御の改善による炉下部の制約条件の緩和と、融着帯形状制御の必要性を強調、理論限界燃料比を推定する上で、出銑比の限界を考えるべきだとコメントし、重油使用時 2.3、オールコークス時 2.16 t/m³/日と考えているという回答が述べられた。松原は、COM、CTM 等の技術は、重油削減、燃料多様化、高炉の安定化操業技術確立を指向し、トータルエネルギーコスト低減をはかる上で考慮すべきだと述べた。

金森（新日鉄 大分）は、討 1 の資料を引用し、理論限界燃料比については、同様の値が得られたと述べ、スリップ発生原因とそれによる燃料比の制約条件については同意見であるが、周辺部 O/C 上昇に起因する根部溶解不良も考えられるのではないかとコメントした。

討 4 直接還元法における燃料比の限界 相馬（東大）

シャフト炉、キルン熔融還元を高炉法と対比し、製品鉄の還元に必要な熱量 1.75 Gcal/t を基準とする 1 次発熱量、物理的損失熱（炉体損失と排ガス顕熱）と化学的損失熱（排ガス潜熱）の大小、再利用可能エネルギーの 3 点から比較した。熔融還元は耐火物の問題、反応面で解明の余地があり、シャフト炉が高炉法に燃料比で必肩できるには、生産速度を抑えガス利用率を上げることと、熱交換方式を抜本的に改善する必要性を、理論的に説明した。

岡部（川鉄 技研）は、筆者の比較法について、コメントを述べ、シャフト炉法の改質炉での燃焼熱を熱風炉と同様に考慮すべきこと、熱効率についてのデータを示した。更に直接還元法の燃料比を高炉法と同程度にする方向について、示唆を求めた。

時間の関係で残念ながら討論を打ち切らざるを得なかつたが、討 2 に対し、宮下（鋼管 技研）より、焼結鉱の RI

向上による高炉の理論限界燃料比の低減可能性、低 SiO₂ 焼結で低 RDI、高 RI の望ましい組織と製造条件、特に銘柄上の配慮。討 3 に対し、山本（鋼管 福山）より、スリップ多発型の溶解帯形状の矯正方法、モデル計算における径方向 O/C 分布の溶解帯形状への影響度。討 4 に対し、中村（新日鉄 基礎研）より高炉と他の製鉄法の比較で、事前処理工程、溶解工程のエネルギー下限値の考慮の必要性、改質炉、溶解工程の省エネルギーによるシャフト炉の有利性、化石燃料を用いた還元鉄の溶解の可能性等興味ある討論がよせられていた。

総合討論として、石川（新日鉄 八幡）が、従来理論限界燃料比は 405 kg とされていたが、既に 408 kg を達成している高炉もあり、今回のモデル計算では、約 380 kg という可能性が示されたこと、これを達成するには、コークスの反応性、焼結の RI 向上、低 SiO₂ 焼結鉱など、原料性状の一層の改善が必要であること。高炉の装入物分布の制御により融着帯を制御し、ガス利用率の向上と、融着帯の適正位置の保持による熱損失の低減を図ることが重要であると指摘し、これらの具体的方策として、焼結鉱の細粒化も、RI、低 SiO₂ 化と並んで注目すべきことをあげた。また、今後の問題として羽口先温度上昇に伴う熱流比上昇とスリップ増大傾向との関係把握、鉱石溶解機構の数式モデル化などが重要な理論面の検討課題となろう。また、実操業面においては 2~3 年後に石炭吹き込みが話題となろうし、外国で実施されているプラズマ高炉も今後の技術として注目されると述べ、製鉄技術はまだまだやるべき多くの点が残されていると強調した。

時間の関係で総合討論をお願いした館教授（東大）のコメントは、残念ながら割愛させていただき、座長として館先生をはじめとして、全般にわたるコメントを期待された方に対し、誌上を借りてお詫びの言葉を申し述べたい。

今回は大テーマにもかかわらず、多数の方々が、いろいろな角度から高炉の操業と燃料比について討論していただき、重要な点はほぼ話題として挙げられ、原料面、操業面において今後追求すべき具体的目標が明らかとなつたと思われる。

II. 溶銑予備精錬

座長 中川 龍一
副座長 堀 口 浩

第 95 回講演大会（昭和 53 年 4 月）の討論会「溶銑予備精錬」では脱硫をとり上げ、その結果溶銑脱硫法が鉄鋼業界に広く定着されるに至つた。これは過去 30 年製鋼技術の王座を占めていた転炉法の工程能力が時代の要求に応じられなくなつたためと言える。例えば寒冷地向けラインパイプ材で硫黄分 50 ppm が要求されるに至り、転炉だけでは達成できず溶銑の予備処理が一般化さ