

(討1)

高炉操業と焼結鉱の性状

新日鐵名古屋製鐵所製鉄部 ○ 嶋田 駿作
 阿部 幸弘
 稲角 忠弘

1. まえがき

大型高炉による焼結鉱の使用が定着して久しいが、この間高炉に応じた焼結鉱の改善も積み重ねられてきている。名古屋製鐵所では昭和44年より国内初の本格的超高压高炉による操業を開始したが、これを契機として高压操業技術の確立の一環として焼結鉱の性状の改善を積極的に進めてきた。これらの操業の結果を中心にして高炉操業にとつての焼結鉱の効果を以下に検討した。

2. 高炉安定操業と焼結鉱性状

第3高炉は立上りから出鉄比 2.0 t/D/m^2 までは順調にいつたが、それ以上の出鉄増に対して困難にぶつかった。これに対して高压操業に見合った設備、操業、作業面での抜本的改善を行い困難をのりきつた。装入物の改善については通気性を改善し、良好な装入物降下を促進することに主眼をおいた。具体的には焼結鉱の回転強度、粉率 ($-5\text{mm}\%$)、還元粉化率を改善した。この間の操業及び装入物性状の推移を図1に示す。

常温強度、粉率については従来より管理されていたが、ここで特に還元粉化を重視し日常管理項目にとり入れ重点的に管理するようになった。還元粉化改善後は棚、スリップが激減し、通氣的炉況が安定して出鉄増が可能になった。今日では還元粉化の影響についての認識は一般的になっているが焼結鉱の性状の中ではよく注意しなければならない性質である。

焼結鉱粉率は低温還元粉化とともにシャフト部での通気性に大きな影響を及ぼし吹抜け限界から高炉出鉄量を決定する。焼結鉱粉率を $10\sim 12\%$ から $3\sim 5\%$ にカットすることと還元粉化の改善により増風、増産ともに $10\sim 15\%$ のアップが可能になった。回転強度は焼結工場から高炉装入迄の間の輸送による粉発生率を保障するという意味で粉率と同じように考えられる。

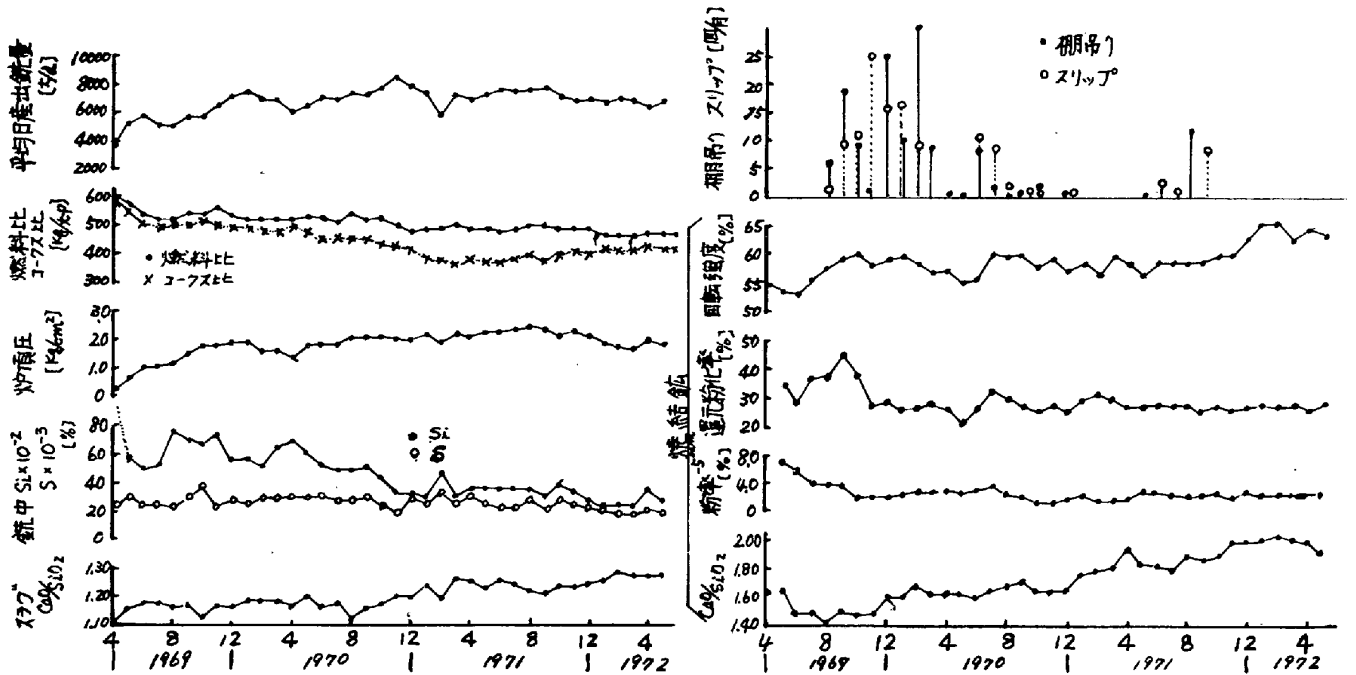


図1. 第3高炉の操業推移と焼結鉱性状

通気性の改善に主眼をおいた一連の焼結鉄の性状の改善を焼結操業の面からみれば、充分に熱を与える焼き方をすることであり、**コークス増焼結**という結果になった。図2に原料Feo%が変動した場合に焼結鉄中へマタイト量がコークス添加率によつてどのように変化するかを示す。²⁾ コークスが少ない場合(3%)は原料Feo%がそのまま焼結鉄中へマタイト量の増減に反映されるが、コークス増焼結鉄では原料Feo%によらず、ほぼ一定の焼結鉄になる。これは充分な熱によつて焼結反応が平衡に近づいたためだと考えられる。焼結鉄中のへマタイト量はFeo%とも密接な関係があり、還元粉化率、被還元性に反映される。従つてコークス増焼結では原料変動を吸収して一定の焼結鉄にするという別の面での安定化要因がある。特に配合変更の多い所、ブレンディングヤードを持たない所では効果があろう。

以上シャフト部での通気性改善を主眼とした高炉操業の安定化要因を述べたが、高温熱間特性について以下に検討する。

図3にMgO系スラグ調整剤を焼結鉄に入れた場合の脱硫の効果を示す。平衡到達度のバラツキが非常に小さくなり脱硫性が安定している。これは焼結鉄の軟化溶融特性、滓化性の改善及びMgO成分の均一分散によるスラグ組成の時間的場所的偏析が少なくなったためと考えられる。MgO系添加剤の焼結鉄性状への影響は未だに結論は得られていないが、名古屋製鐵所では悪影響は認められず、蛇紋岩の殆どは良く滓化して均一分散しマグネタイト中に固溶している。³⁾ なお高炉スラグの主成分であるメリライト系の状態図を図4に示す。高Al₂O₃系メリライトと高MgO系とでは軟化溶融特性に顕著な差がある。高MgO系では融点は低く、しかも軟化溶融帯の巾が狭いのでいわばさらつと溶ける。このような特性がMgO成分調整剤を焼結鉄化した場合に関連していると思われるが、スラグのAl₂O₃水準によつても効果が異なるであろうし、スラグの生成のさせ方を今後総合的に検討し、焼結鉄の役割を明確にしていく必要がある。

近藤ら⁴⁾はシャフト部の還元の進行度に関わる予備還元率を因子にして焼結鉄とペレット、鉄石の溶融滴下性を比較調査した。ペレット、鉄石が予備還元率の程度によつて溶融滴下温度及び温度巾が大きく変るのに対して、焼結鉄では変化は少ない。焼結鉄はある温度迄到達すると急速に溶解するという特徴がある。これらの結果によると炉下部での通気性では焼結鉄が有利で安定性があると考えられる。即ちペレット、鉄石はシャフト部での還元の変動が軟化溶融帯の生成に微妙に反映され、炉下部の通気性の変動を起し易い。従つて焼結鉄の配合率を高めることは炉下部での軟化溶融帯の巾が狭く、安定してくるので安定操業に効果があると考えられる。オール・シスター操業はこのような意味でも効果が期待できる。

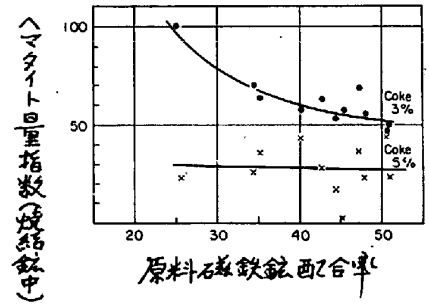


図2. 原料鉄化と焼結鉄中へマタイト量

図3に蛇紋岩添加焼結鉄の脱硫性を示す。平衡到達度のバラツキが非常に小さくなり脱硫性が安定している。これは焼結鉄の軟化溶融特性、滓化性の改善及びMgO成分の均一分散によるスラグ組成の時間的場所的偏析が少なくなったためと考えられる。MgO系添加剤の焼結鉄性状への影響は未だに結論は得られていないが、名古屋製鐵所では悪影響は認められず、蛇紋岩の殆どは良く滓化して均一分散しマグネタイト中に固溶している。³⁾ なお高炉スラグの主成分であるメリライト系の状態図を図4に示す。高Al₂O₃系メリライトと高MgO系とでは軟化溶融特性に顕著な差がある。高MgO系では融点は低く、しかも軟化溶融帯の巾が狭いのでいわばさらつと溶ける。このような特性がMgO成分調整剤を焼結鉄化した場合に関連していると思われるが、スラグのAl₂O₃水準によつても効果が異なるであろうし、スラグの生成のさせ方を今後総合的に検討し、焼結鉄の役割を明確にしていく必要がある。

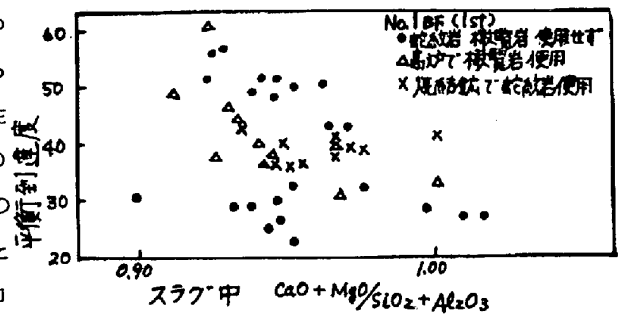


図3. 蛇紋岩添加焼結鉄の脱硫性

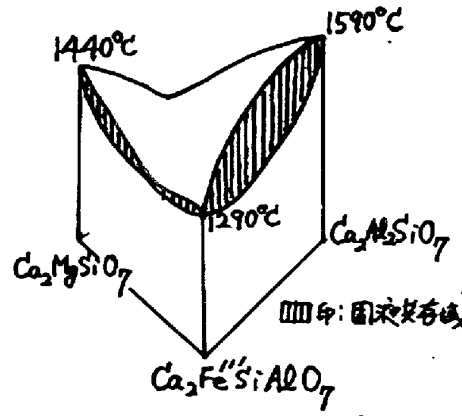


図4. メリライト系状態図

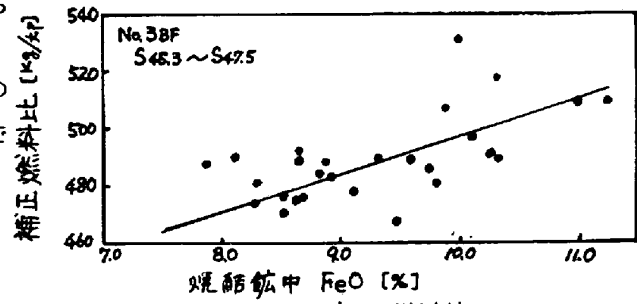


図5. 焼結鉄FeO(%)と高炉燃料比

冷間、熱間強度の高い焼結鉄を原料変動の大きい所で製造する方法として相対的に FeO(%)を高めた焼結鉄が効果的である。しかし FeO(%)のアップは焼結鉄の被還元性によくなりガス利用率を下げ燃料比を上げる傾向にある。(図5)実際には熱間強度冷間強度を悪化させない範囲で可及的に下限の方で操作している。この下限値を突破する焼結法の新技术の開発、従来技術の改善が望まれる。

3. 高塩基度焼結鉄による高炉の高塩基度操業

図1の第3高炉の推移にみられるように操業の安定化に伴い焼結鉄の塩基度を高める方法での高塩基度操業へ移行した。高塩基度操業は主として溶銑中 S を低下させるための脱流率向上を目的としたものであるが、溶銑中 Si の低下にも大きく寄与し燃料比低下をもたらすことができた。(図6)図7に最近の溶銑 Si(%), S (%)の実績を示す。低 Si 操業が溶銑温度低下等に由来するものでなく低位安定している。

塩基度の上昇を焼結鉄で行う場合と石炭名装入で行う場合とでは高炉スラグの塩基度が一定でも SiO₂の還元量が異なる。これは溶融帯の形成及び Si の還元機構が異なつたためと考えられる。図8に示すようにポツシュスラグの溶融温度と溶銑中 Si%との間には強い相関がみられる。溶銑中 Si%は溶融帯におけるスラグの性状(スラグ溶融温度, SiO₂の活量)と高炉の熱レベルによつて決まると考えられるが、主としてスラグの溶融温度によつて大きく影響される。高炉に装入される石灰石は羽ロレベルまで滓化しないで降下してくると考えられ、鉄石類の溶融点に関係していないと考えられる。

図9にスラグ中 SiO₂の活量と溶銑中 Si の関係を理論平衡値及び第3高炉実操業値の両面から比較表示した。実操業データにおける従来操業の溶銑中 Si(%)は以前より報告されている通りスラゲーメタル反応による平衡値以上の値になつているが低 Si 操業の場合平衡値に

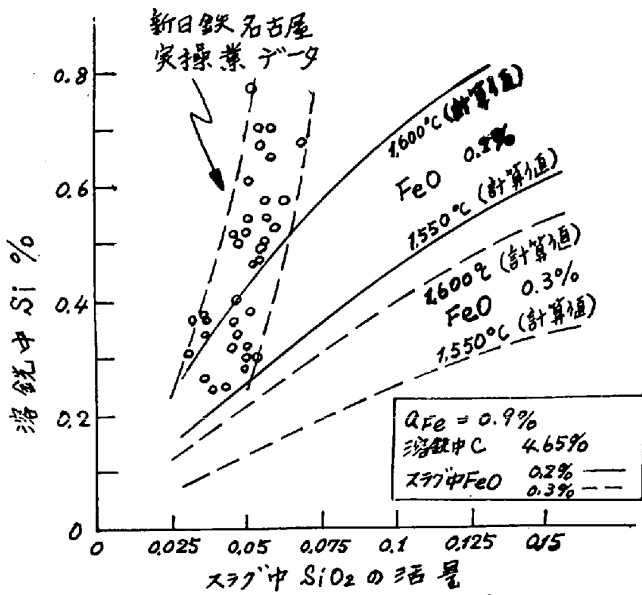


図9 スラグ中 SiO₂の活量と溶銑中 Si%

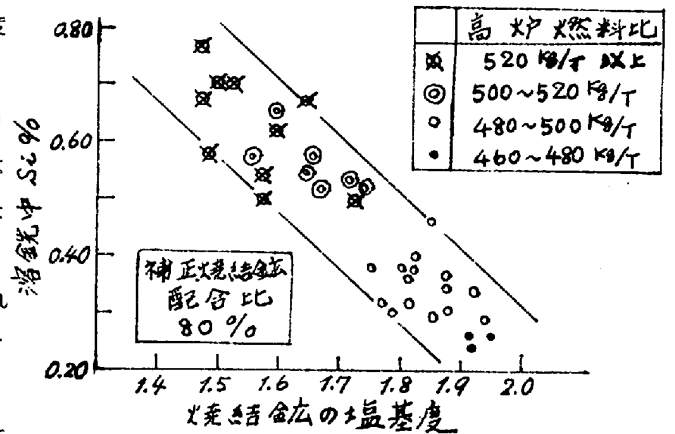


図6. 低 Si 操業による燃料比低下

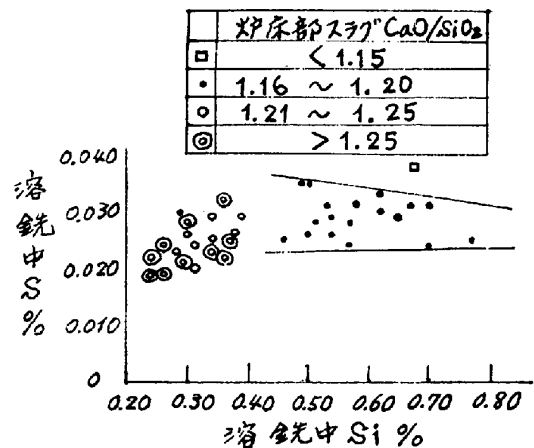


図7. 溶銑中 Si(%)と S(%)との関係

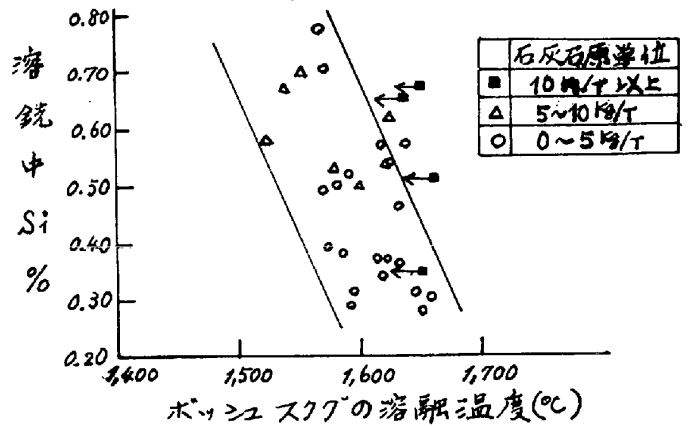


図8 スラグの溶融温度と溶銑中 Si(%)の関係

に近い。この理由は従来操業の場合溶銑が炉床部の湯溜りに降下する以前に溶銑中へSiが移行する機構が存在しているのに対し、低Si操業の場合このSi移行の寄与する割合が少なくなつたためと考えられる。即ち図8の結果から焼結鉍によるスラグの塩基度の上昇はスラグの溶融温度を高めるが、溶融開始位置が炉の下方に下り溶融滴下帯におけるSiの移行が抑えられたために低Siになつたと考えられる。

4. 今後の課題

高炉の高位安定操業、燃料比低減を目指して焼結鉍の性状改善、高炉での使用方法の適正化に努力してきたが、残された問題は多い。特に原料事情は時と共に変遷していくものであり、将来の原料は焼結し難くなる傾向にあり、焼結技術の一層の改善が要求されてくるものと考えられる。

残された課題を列挙すると次のようになる。

- (1) 被還元性と熱間、冷間強度は一般的には相反の関係にあるとされているが、必ずしもそうでない場合もあり、両特性を満足する焼結鉍製造技術を検討すること。原料事情の良好なときはこのような良好な焼結鉍に近いものができるが、どのような原料条件においても焼結できるように一般化する必要がある。
- (2) 将来原料に見合ったスラグ構成(スラグ比、スラグ組成)で最適の高炉操業ができる条件を焼結操業を含めて検討すること。将来原料は SiO_2 高、 Al_2O_3 低、 FeO で微粉化の傾向にあり、^{は倍}焼結、高炉のどちらにおいても悪影響が懸念される。1例としてはMgO成分調整剤の合理的な使用法を開発する必要もでてくるであろう。
- (3) 高炉下部での装入物の挙動については不明確な点が多く、基礎的な面からのデータの充実が望まれる。特に今后は炉下部での特性に合せた焼結鉍の製造法、試験管理法を開発する必要がある。
- (4) シャフト部での通気性改善で微粉抑制の管理は効果を上げたが、最適粒度構成はどのようなものか高炉操業方法との関連で総合的に検討する余地がある。

以 上

文 献

- 1) 討論会、焼結鉍の還元時(特に低温域)における挙動、: 鉄と鋼, 52(1966)3, P488
- 2) 小島, 永野, 稲角, 岸, 品田, 鉄と鋼 56(1970)14, P14
- 3) 嶋田, 中村, 稲角, 鉄と鋼 58, (1972), 11, S52
- 4) S. Kondō, M. Sugata and T. Sugigama: Proceeding of international conference on the science and technology of iron and steel Part 1, P36
- 5) 学振54委第84回資料 1247号 1972年
- 6) 嶋田, 阿部, 井上, : 鉄と鋼 58, (1972), 11, S7