

討3 高炉内における鉄鉱石の還元

新日鉄八幡技研 工博 児玉惟孝

1. 序言

高炉操業時における炉内還元の実態を調べるために東田5高炉の吹止め時に普通の操業状態のままで休風し、直に3800tの水を炉に装入して急冷した、そして上部より炉を解体しつつ炉内を調査した。

2. 調査結果

(1) 吹止め時の状況

東田5高炉は炉床径6.2m、内容積は633m³で鋳物用鉄を700t/day程度吹精し、順調な操業を続けていた。

(2) 吹止め時の充填物

吹止め時に充填した原料鉄石は焼結鉄、マルコナペレット、インド鉄石の混合物である。この他光和ペレット、ブラジル鉄石等各種原燃料を少量づつ金鋼にに入れて装入し、炉内における性状変化を調べた。炉内におけるシャフト部の装入物は明確な層状を保っており、安息角も上部では16~19°でほぼ一定であった。装入物はほぼ一様に降下していた。

(3) 炉内鉄石の還元状況

炉内鉄石の還元状況は図1に示した。シャフト上部では炉壁近辺の還元速度が最も大きく、次が中心部で中間部の速度が最も小さい。炉腹部朝顔上部では傾向が逆になり、炉壁部の速度が最も小さく中間部が最も大きい。そして還元はいずれの部分でも朝顔上部の凡そ1200℃の温度層で終了に近づく。次に鉄種別に調べ、図2に示した。

焼結鉄、マルコナペレット、インド鉄石の還元状況は変動が大きく、鉄種間の明確な差異は認められない。しいて差をつけるとシャフト上部の比較的低温の層ではインド鉄石及びペレットの還元が速く、焼結の還元が遅い。シャフト下部の比較的高温の層では焼結鉄の還元が速いようである。鉄石の還元状況は図にみる如く場所によって非常に大きく変動している。この原因を温度分布、鉄石の粒度変化の面から検討した。

(4) 温度分布

吹止め直前に测温用テンピルペレットを装入物に混じて炉に装入し、各所の温度を測定した。結果は図3に示した。同図には戸畑1高炉、東田6高炉の测温結果も併せ示した。図にみる如く温度は非常に大きくばらついている。同一高さ水準でも200℃以上の差がある所もある。次に炉を炉壁部中間部、中心部に3等分し、各所の温度の平均値を求めたが同一高さ水準の各場所の温度の平均値には大きな差はなかった。

従って温度のばらつきには傾向がない。

この温度分布と前記の還元状況とを併せ考えると同一高さ水準でもこのような温度差があるならば還元率に影響するのは当然で炉内還元率のばらつきに温度のばらつきが大きく影響していると考えられる。

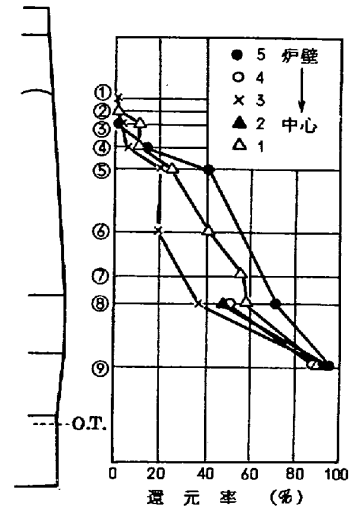


図1 高さ方向還元率分布

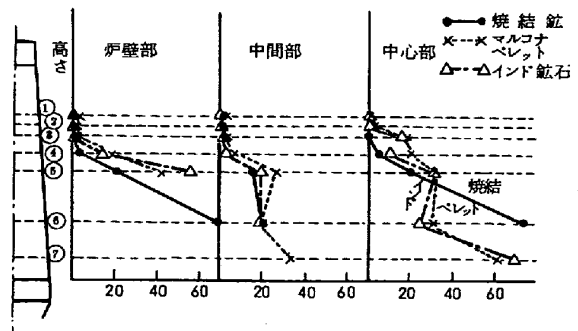


図2 還元率 (%)

(5) 粒度分布

炉内鉱石の粒度分布は 図4に示した。図にみる如く原料は炉内で相当に破碎し、粉化している。その破碎状況も場所によってまちまちである。焼結鉱の破碎が最も大きく、5mm以下の粉鉱は大部分焼結鉱であった。ペレットはほとんど破碎されない、インド鉱石は中間であった。このように炉内における原料の粒度は場所により、鉱種により非常にばらばらである。この粒度のばらつきも還元に大きく影響している。温度と粒度が場所によりこのように大きくばらつければ炉内の鉱石の還元はその鉱石の被還元性のみで支配されるのではなくなる。図2にみる如く鉱石、焼結鉱、ペレットと鉱種が変つても炉内の鉱石の還元に明確な差異が認められないのはこのためと考えられる。

(6) 炉内還元率と学振還元率

炉内のストックライン下11mの位置における各種鉱石の還元率とその鉱石の学振還元率との関係は 図5に示した。炉内における鉱石の還元率は非常に変動が大きい。それで各鉱石間における還元率の差異は明確でない。学振還元率の良好な鉱石が炉内還元率がよいとは言えない。むしろ関係がないと言える。

これは前述の如く温度、鉱石粒度の変動が大きくこの影響が鉱石の被還元性の差異の効果を消していると考えられる。

従って炉内反応の解析は困難である。然しながら戸畑高炉について鉱石の学振還元性と高炉の間接還元率との関係を非常に多数の例について統計的に求めた結果¹⁾は 図5に併せ示した。使用鉱石の還元性が向上すると間接還元率は向上する。これは前述の結果とやむじゆんする。鉱石の被還元性と炉内鉱石の還元とは短期的には温度原料粒度の変動に影響されて関係は明白でないが、長期的にみると還元性のよい鉱石の炉内還元は良好な傾向をもっており温度、粒度の影響は小さくなっている。従って高炉操業の管理を炉内測定によって行うことはむづかしい、むしろよい原料条件にしておけば長期的にみてよい結果をいう考えを基準にして長期的考えで高炉操業を管理すべきであろう。

(7) 還元過程の組織変化

鉄鉱石が炉内において鉄になるまでの還元過程の組織を調べた。

写真1はシャフト上部における焼結鉱の1部である組織は原鉱と大きな変化はないが、きれつが多数入っており、焼結鉱が粉化し易いことを示している。同じ位置のマルコナペレット、インド鉱石はほとんど変化していない。シャフト中部では焼結鉱はヘマタイトの部分で金属鉄を生成し、Ca-serrite、magnetiteの部分の還元は遅い。ペレットは均一に還元している。シャフト下部では鉱石は鉱粒相互の融着が始まっている。写真2は焼結鉱の組織である。焼結鉱、ペレット、鉱石とも融着が始まる項には金属鉄の生成は終了に近く、鉄と鉄滓の分離が行われている。

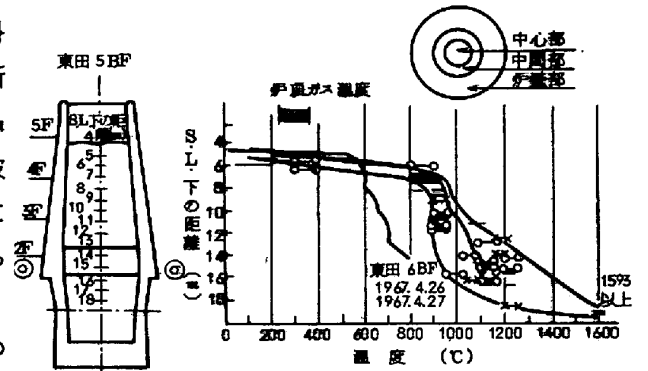


図3 テンピルペレットによる炉内温度の測定 (垂直ソングによる炉内温度の測定結果との比較)

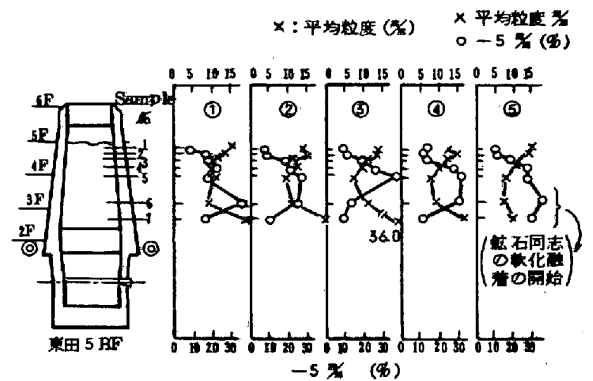


図4 鉱石の粒度分布 (1)

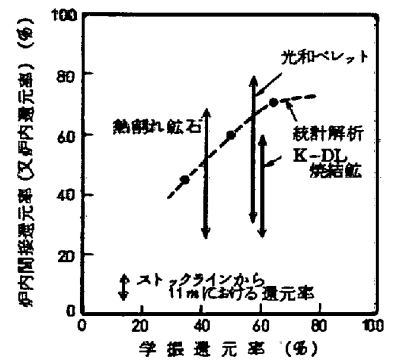


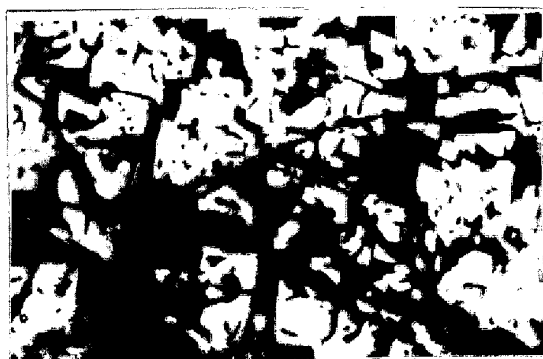
図5 学振還元率と炉内還元率の関係

更に下になると鉄の凝集化が進む。

焼結鉍の軟化物の状況は写真3に示した。

鉄はフェライトで1部はパーライトになっている。

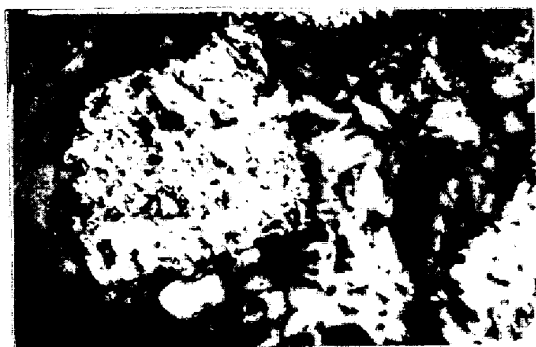
黒鉛遊離セメントは末だ含まれていない。従って鉄のC含量は溶解前には0.8%以下と推定される。鉍滓は鉄の壁でかこまれている。



×200

写真1

シャフト上部焼結鉍



×200

写真2

シャフト中部焼結鉍



×200

写真3

軟化物

'71-S668

この鉍滓成分は表1に示した。FeO含有量の少ないのが注目される。この成分から鉄の融点は凡そ1460℃、鉍滓は1350~1400℃で融点は異っているが、実際の分離滴下温度は同じである。これは鉍滓が鉄に包まれているため分離滴下し難いためである。

軟化物の1例を 図6に示した。

上部Eは軟化前で還元も充分でないところ、Cは同じ状態で還元が進行したところ、B、Dは鉍石は相互に融着しており、Aで半熔融の状態となり、これより下で溶銑溶滓が分離して滴下する。この軟化物の状況からみて分るように鉍石の融着は鉍石の種類(従って融点)が変わっても同じ温度で始まる。また溶解する前にAの半熔融状態になるからいろいろの種類の鉍石が半熔融で拡散し、同じ成分になって一様にとける。従ってこの状態からみると主要原料の焼結ペレットの融点を管理すれば軟化物の状態は管理できる。

3. 結論

東田5高炉吹止め時に普通の操業状態のまゝで急冷を調査し、次の結論をえた。

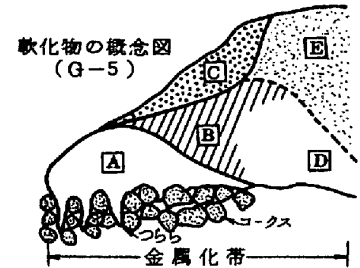
- (1) シャフト部における鉍石の還元は変動が大きく、同じ高さ水準でも場所によって還元率は非常に異なっている。鉍石の還元が終了に近づくのは朝顔上部である。還元のはらつきの原因を温度、鉍石粒度の面から調べた。
- (2) テンビルペレットを使用して炉内の温度分布を測定した。炉内温度のはらつきは非常に大きく、そのばらつきには一定の傾向は認められない。この温度のはらつきが還元のはらつきに大きな影響を及ぼしている。
- (3) 鉍石原料はその種類によって炉内の還元過程で破碎粉化するものが多い。そしてその破碎状況も場所によってまちまちである。焼結鉍の粉化が最も大きく、マルコナペレットはほとんど破碎していなかった。この炉内における鉍石の粒度変化が鉍石の還元のはらつきに関係している。
- (4) 炉内における鉍石の還元には温度、粒度のはらつきが大きく影響し、鉍石の被還元性の影響は消えている。従って還元性のよい鉍石が炉内でよく還元されているとは言えない。
- (5) 炉内における鉍石の還元過程の組織変化を調べ、還元を組織面から考察した。

参考文献

- 1) 児玉, 彼島 鉄と鋼 No.10 vol.51. 1965. P.1763~1766

表1 No.109 試料のE.P.M.A分析結果

	CaO%	SiO ₂ %	FeO%	S%
スラグプール	56~20	36	2	検出せず
メタル中のスラグ	58~18	33	4	検出せず



軟化物の還元進行状況 (還元率%)

	状態	焼結鉍	塊鉍石	ペレット
A	半熔融	—	—	—
B,D	融着	65.6	65.0	79.3
C	塊状	72.8	68.2	81.2
E	塊状	11.5	12.3	14.6

図6 軟化物の1例