

(討3) ベレットおよび焼結鉱の荷重還元過程における性状の変化について

神戸製鋼所 中央研究所 ○国井和扶 前川昌大
平野成彬 桑野恵二

I 緒言

近時ベレットおよび焼結鉱などの高炉装入物の炉内特性を評価するため各所で荷重還元試験が行なわれている。この試験では充填層の膨張収縮曲線およびガス圧力損失曲線が得られるが種々のパターンを示すこれらの曲線は装入物が炉内の還元性雰囲気および昇温条件下でいかなる性状の変化をし、またその結果充填層のガス圧力損失がいかに変化するかを総合的に示すものであり、高炉操業上さわめて重要な意義を有している。

従来ある数多くの研究報告においては、主に種々の装入物について特定の条件下で、荷重還元試験を行ない、荷重ならびに装入物の CaO/SiO_2 、粒度、還元性、化合水、強度、軟化点などの諸因子と膨張収縮、ガス圧力損失曲線との関係を論じている。^{(1)~(3)}

ところで更に重要なことはこれらの曲線と荷重還元過程にある装入物の物理的化学的性状との関係を知ることである。そこで著者らは今回若干の予備実験のあとベレットおよび焼結鉱を常温から 800°C 、 950°C 、 1050°C および 1100°C までそれを昇温還元したのち、還元を中止して試料を取り出し、化学組成、強度、粒率、気孔率、比重、顯微鏡組織、鉱物組成などを調査し、それを基にして収縮構造、ガス圧力損失について考察を行なった。本報では得られた結果の一部を記述する。

II 実験方法

2-1 試料 本実験に使用した試料は第1表に示す通りのものである。

2-2 実験条件 荷重還元試験条件は次の通りであった。常温より 200°C まで N_2 15%/min、 200°C から 1100°C までは還元ガス $\{(\text{CO}+\text{CO}_2)40\% + \text{N}_2 60\%\}$ 15%/min を使用した。昇温速度は $200 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 間は $12^{\circ}\text{C}/\text{min}$ から 1100°C までは $1.4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。反応管内径は 75mm ϕ 、試料層厚は平均 110mm であった。荷重は $2\text{kg}/\text{cm}^2$ とした。

本研究では実験シリーズ A、B について行なっている。

実験シリーズ A では試料として、使用時高炉において棚吊りが起つたペレット（試料 C）およびガス圧力の異常上昇がみられる硫酸津ベレット（試料 D）を用いた。これは本実験の結果と高炉操業との関連性をみる実験である。

実験シリーズ B では荷重還元過程の装入物の性状の変化を調べる目的で、自溶性焼結鉱（試料 A）および自溶性ペレット（試料 B）を用いた。 1100°C の場合のみ30分間保持したのち還元を中止した。

第1表 実験試料の特性

NO	銘柄 特性	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	強度	粒度(%)	被還元性(JIS)
A	自溶性焼結鉱	56.11	6.43	6.01	7.41	2.91	81.1% (5.1)	12.7~16	82.0%
B	自溶性ペレット	63.12	0.26	2.30	2.59	-	170 kg/p	12.7~16	82.3
C	自溶性ペレット ^{*1}	58.09	0.14	6.54	6.10	1.55	277 kg/p	8~16	75.3
D	硫酸津ペレット	60.32	0.86	2.89	4.12	1.56	200 kg/p	8~16	80.5

*1 使用時高炉で棚吊りを生じたもの

III 実験結果および考察

先ず No.3BF で棚吊りを生じたペレットの荷重還元試験を行なつたところ、第1図(b)に示すごとく 1100°C で $900 \text{ mm H}_2\text{O}$ のガス圧力損失を示した。また高炉で支障なく使用できるペレットは第1図(a)に示すごと

ガス圧力損失は小さい。したがって当装置で得られる結果と高炉で使用した場合の結果は関係があると考えられる。

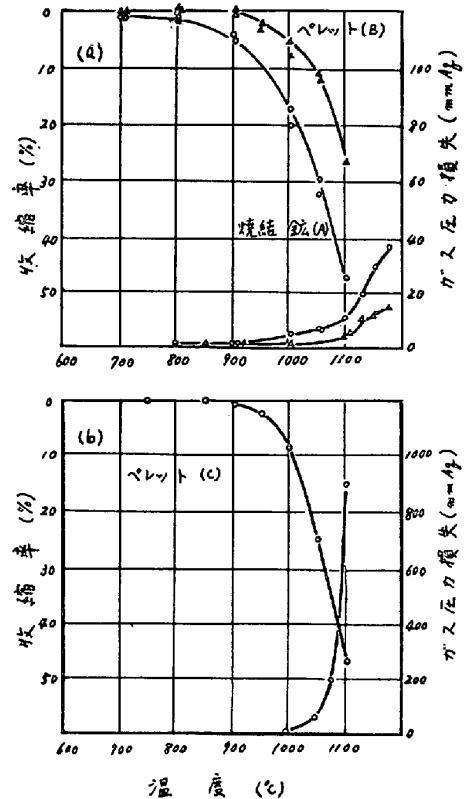
3.1 空填層の収縮およびガス圧力損失曲線。第1図(a)にペレットおよび焼結鉱について得られた各曲線を示す。同図によると焼結鉱は800°Cから収縮を開始したが、ペレットは950°Cから収縮が認められる。従来の研究報告によると焼結鉱の場合には400~700°Cで空填層の急激な収縮が生ずることが示されているが、これは装入物の性質のみでなく昇温速度、粒度の影響によるもので、今回の実験条件下ではこの現象は認められなかった。ガス圧力損失は収縮率の大きい焼結鉱の場合の方が大きかった。

3.2 荷重還元過程の試料の性状の変化。所定温度まで還元した各試料を1, 3, 5, 10%でふるい分けた。このふるい分け試験において、-3%は荷重還元過程での粉化の度合を示し、+10%は融着状態を示すと考えられる。第2図(a)(b)に実験結果を示す。先ず-3%についてみると、ペレットの場合には950°Cで-3%は10%となり、焼結鉱の場合には800°Cで10%になっており、この点と空填層の収縮開始温度が良く一致している。したがって初期の収縮は主に装入物の粉化に起因していると考えられる。また+10%についてはペレットの場合には高温になると伴ない減少していくが、焼結鉱の場合には950°C以上の温度になると、再び増大し焼結鉱粒の融着が進むことを示している。還元後試料の肉眼観察によるとも融着状態が明らかに認められた。また荷重還元過程における試料の強度の変化を第2図(c)に示す。これによると回転強度および圧潰強度(ペレットのみ)はいずれも800°Cで最低値を示し、更に温度が上昇すると強度は増大する。これは第2図(c)(d)に示す試料のFeOおよび金属鉄の含有量と密接な関係がある。金属鉄がまだ生成しない段階でFeOが生成すると強度は著しく低下する。ついで金属鉄の生成量が増大するに伴ない強度は上昇する。金属鉄の生成量が増大するに伴ない第2図(e)に示すごとく比重は増大している。一方かけ比重は還元の進行とともに低下し、開気孔の比容積は増大する。また気孔率は還元が進行するに伴ない明らかに増大している。

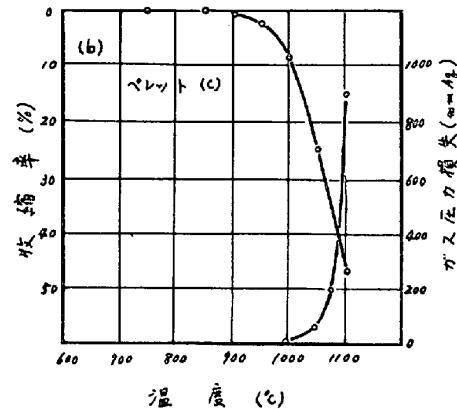
次に荷重還元後試料の形状を観察すると、特にペレットの場合は塑性変形をしたと考えられる部分が明らかに認められる。この塑性変形は金属鉄生成量が増大し、また試料の気孔率が増大するに伴ない試料の可塑性が増すことににより著しくなると考えられる。この可塑性は試料の還元性、気孔率のみでなく、また試料のスラグ組成などにも関係すると考えられる。そこで各試料を粉末X線回析法により鉱物組成を同定することとした。試料中にかなりの量含まれる金属鉄の影響を除くために粉末試料を先ずBr₂メタノールで処理して金属鉄を溶解除去した試料とBr₂メタノールで処理しない試料を用いた。

X線回析結果によると、還元後試料をBr₂メタノールで溶解処理した場合、多量に存在する金属鉄は溶解し、スラグ成分の検出が容易になる。例えは焼結鉱の1050, 1100°Cの場合、溶解処理しない試料では検出されていない $3CaO \cdot SiO_2$ が溶解処理した試料では検出されている。しかし他方Br₂メタノールで溶解した場合、例えはペレットの還元過程に生ずる $3CaO \cdot Fe_2O_3$ ($CaO \cdot Fe_2O_3$)などは溶解するので、他の適当な溶解剤が必要である。

検出された鉱物組成は次の通りであった。先ずペレットでは、還元前試料には Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , $CaO \cdot Fe_2O_3$,

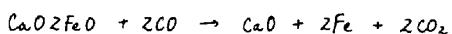
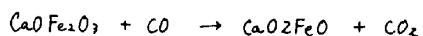


第1図 ペレットおよび焼結鉱の荷重還元試験結果



800°C では Fe_3O_4 , FeO , CaO_2FeO , 950°C では FeO , Fe , 1050, 1100°C では FeO , Fe , CaO_2FeO であった。また焼結鉱では、還元前試料には Fe_3O_4 , CaO_2FeO , 800°C では Fe_3O_4 , FeO , 950°C では FeO , Fe , 1050, 1100°C では FeO , Fe , $3CaO_2SiO_2$ であった。

ところで今回の実験において、自溶性ペレットの還元過程において CaO_2FeO が生成することが判明した。これは次式に示したがう $CaOFe_2O_3$ の還元過程に生ずる中間組成であると考えられる。この点に関しては今後更に詳細に検討して行く考へである。



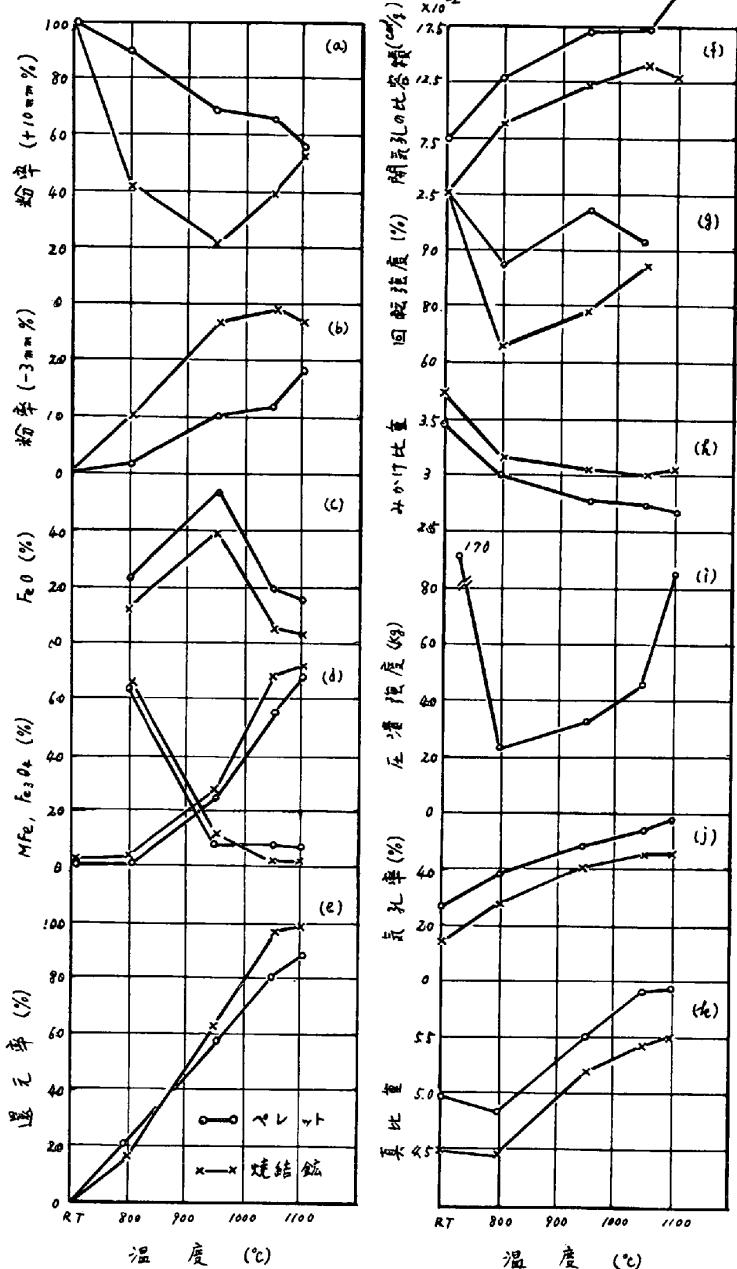
焼結鉱の場合 1050, 1100°C で Rankinite ($3CaO_2SiO_2$) が検出された。以上に示したこれらの中間組成と高温における可塑性との関係は現在のこと不明で更に検討する必要がある。

第3図に荷重還元過程における試料の粒度組織変化を示す。

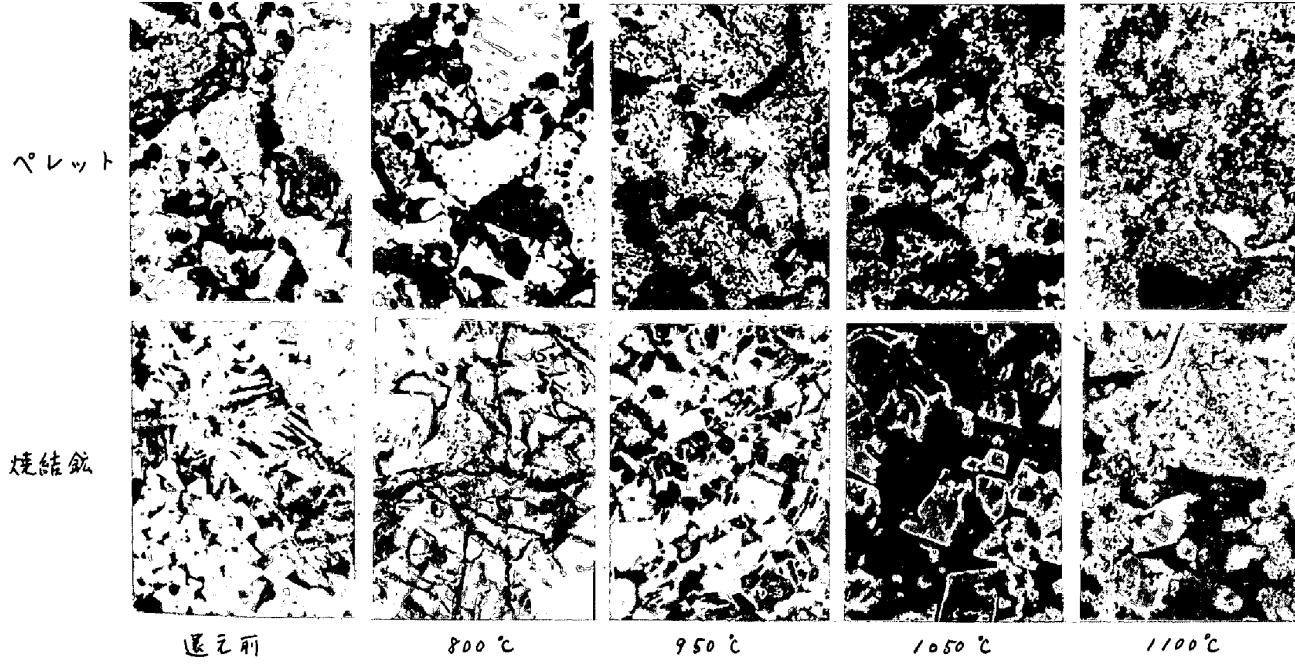
3.3 充填層の收縮およびガス圧力損失についての考察

以上の実験結果から充填層の收縮機構を考察すると、先ず荷重還元の初期において荷重は各粒状試料および反応管壁における接觸点の反力によってつか合っていふ。温度が上昇し、還元が進行するに伴ない、試料の強度が低下し、接觸点において試料は粉化または脆性破壊する。

この粉化、破壊によつて充填密度は高くなり、その結果充填層は收縮する。試料の粉化、破壊により接觸点の数は増大するので各接觸点に加わる力は小さくなり、再び平衡が保たれる。このよう公現象を繰り返している間に温度は更に上昇し、還元によつて金属鉄の生成量が増加し、また気孔率も増大し、試料に可塑性が生じ各粒の接觸点から塑性変形が開始して充填層は次第に收縮していく。更に 1050 ~ 1100°C に温度が上昇すると、金属鉄の焼結または凝集が生じ試料粒は互いに融着した状態を呈するに至る。このような融着状態になると充填層内の空隙が減少して通気性が阻害されてガス圧力損失が増大し始める。



第3図 ペレットおよび焼結鉱の荷重還元過程における物理的化学的性質の変化



第3図 ペレットおよび焼結鉄の荷重還元過程における顕微鏡組織の変化

4 結言

荷重還元試験における充填層の収縮曲線およびガス圧力損失曲線の意味を深く知る目的で、荷重還元過程におけるペレットおよび焼結鉄の金属鉄、 FeO 、 Fe_2O_4 、スラグ組成など化学的性質ならびに粉率、強度、気孔率、真比重、比表面など物理的性質の変化を調べた結果、充填層の収縮機構ならびにガス圧力損失について若干の知識が得られた。今後ペレットおよび焼結鉄など高炉装入物の強度、可塑性および融着などについて本質的に調べる必要がある。

5 文献

- (1) 神原、藤田、沖川、 鉄と鋼 52 (1966) 9, 1248-1250
- (2) 鬼王、塙尾、稻垣、高橋、 鉄と鋼 52 (1966) 9, 1352-1354
- (3) 桐山、加藤、辻 鉄と鋼 52 (1966) 9, 1361-1364
- (4) L. V. Bogdandy, H. P. Schulz, O. Braumann, Stahl u. Eisen 84 (1964), 1561-1568
- (5) H. Schenck, A. Majdic, U. Putzier, Stahl u. Eisen 87 (1967), 1065-1070