

なお Fig. 4 に添加された H₂ ガスのどの程度が還元
に有効に作用したかを示したが、いずれの場合も約 40%
程度の H₂ が還元作用している。

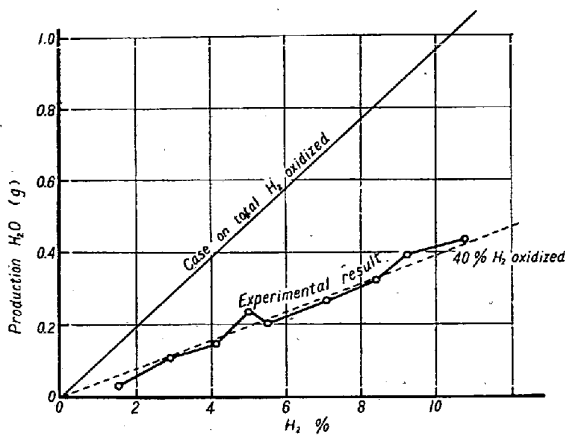


Fig. 4. Efficiency of H₂.

IV. 結 言

還元実験装置を使用し、N₂ 70%、CO 30% のガスに
0~10% の H₂ を添加したガスによつてゴア鉱石の還
元試験を行いつぎの結果を得た。

- (1) 鉄鉱石の還元率は H₂ ガスの添加量に比例して、
ほとんど直線的に増加する。
- (2) この還元率の増加は H₂ による還元量の増加の
ためであつて、CO による還元量は H₂ の添加によつて
あまり変わらない。
- (3) 添加された H₂ の約 40% が、いずれの場合も
還元に有効に作用した。

文 献

- 1) 学振 54 委 第 53, 56, 57 回 会議資料
- 2) Iron & Steel (1958) Oct. p. 491/495
- 3) J. I. S. T. (1958) June, p. 113/124
- 4) Stal (1958) No. 3 p. 193/202

(15) 鉄鉱石の流動還元に関する基礎
的研究

東京大学, 工学部

工博 (故) 芥川 武・理○大蔵明光
Fundamental Study on the Reduction
of Iron Ore by Fluidized Beds.

Takeshi Akutagawa, Akimitu Okura

I. 緒 言

1920 年代から端を発した流動化法は、今や化学工業の
みでなく、冶金工業の重要な一部門をしめつつある。

本研究も、この流動層を利用して、非常に還元力の強
い、水素ガスにて赤鉄鉱、磁鉄鉱についてその基礎的な
考察を行い、とくに流動層を型成する整流器について、
その還元結果を検討しその結果を報告する。

II. 実験試料および還元ガス

試料は、ゴア赤鉄鉱石、ハイザー磁鉄鉱石の塊鉱を粉
砕して用いた。化学分析値は、Table 1 に示し Table 2
に示した分析値は、窒素気流中にて加熱された試料で、

Table 1. Chemical composition of ores used.

Ore	T. Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO
Goa hematite	64.98	3.35	2.75	0.06	0.08	—
Heizer magnetite	59.24	7.78	2.58	0.77	1.99	17.41

Table 2. Chemical composition of ore used.
(once heated at elevated temperature
in N₂ stream)

Ore	T. Fe	FeO	wt% to T. Fe	
			Fe ⁺³	Fe ⁺²
Goa hematite	64.8	0.0	100	0
Heizer magnetite	62.9	20.6 (Fe ²⁺ 16.0)	74.5	25.5

還元率算出の基準となるものである。粒度範囲は、0.589,
0.417, 0.295, 0.208, 0.147, 0.104, 0.074 mm に篩分
けしたものをを用い、それらから、等量ずつ測りとつたも
ので、粒度分布は、全範囲にわたつて、ほぼ均一である
試料を用い還元ガスは純度 99.6% の市販ボンベ水素を
使用した。

III. 実験装置および実験方法

Fig. 1 の概略図で示されているように、18-8 ステン

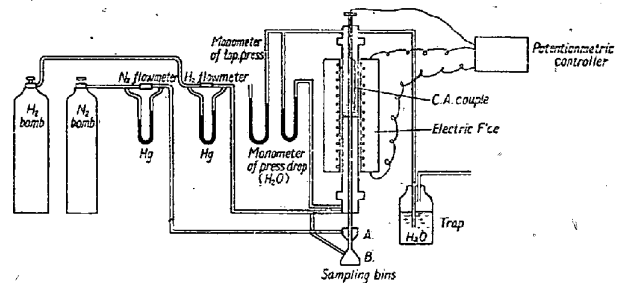


Fig. 1. Schematic sketch of fluidized-bed
reduction apparatus.

レス鋼板にて実験装置を試作した。まずステンレス鋼の
48 mmφ の管の内側に同じく 40 mmφ の管を下から入
れて外側の管の中間に位置したところに 40 mmφ の管
の先端がくるようにしその上部に 1.5 mmφ の穴が

多数あいたステンレス鋼製格子板 2 板の間に 0.104 mm のステンレス鋼製あみを入れてある。また、一方の流動層を型成する整流器は、漏斗状で、下方に 1.5 mm ϕ の小孔を 12 空けたステンレス製のものをを用いた。以後は前者を整流器 A、後者を整流器 B として説明をする。以上のような整流器の上で鉱石が流動できるように設計しその中心部を試料採取管が通っている。この中心を通っている管によつて流動層の有効断面積を小さくし、少いガス流量でも流動を起し、同時に、これより上部では、断面積が大であるためガス流速が減少したがつて細粉の飛出しが防止される、

中心パイプの外径 10 mm、挿入パイプ、内径 38 mm 外側のパイプの外径 50 mm であるから、流動層の断面積は、 $\pi/4(3.8^2 - 1.0^2) = 10.6 \text{ cm}^2$ 、上部の断面積は $\pi/4(5.0^2 - 1.0^2) = 18.8 \text{ cm}^2$ であるから、平均流速は上部で 0.56 倍に減少することになる。

電源部は 100 V からトランス、自動温度調整器を経てニクロム線電気炉に入る。CA 熱伝対は上部ハンドルの中心を通つて流動層の温度を測り得るようになっていゝ。排ガスは炉頂より出てサイクロンを通りトラップを通り排出される。

実験方法は、まず 3 l/mn の窒素ガスを通じながら、炉の温度を所定まで上げて、つぎに鉱石を装入し窒素ガスにて流動させつつ鉄鉱石の温度を上昇させ、所定の温度に達すると同時に、水素ガスに切換え流動還元を行う、水素通入から、2 分、4 分、6 分、10 分、15 分、20 分、30 分の各温度について試料採取を行う。試料採取を行う場合上部の、ハンドルを回転して鉱石を降下せしめる。その試料は還元雰囲気中にて Fig. 1 の A 部にて、第 1 段冷却をし、さらに窒素の吹付冷却をする。つぎに試料は第 2 段 B 部に落とし、ふたたび窒素ガスにて冷却を行い、小ビン窒素ガス中に詰め、保存後分析を行う。大体 1 回の試料採取量は 2~3 g とする。実験途中とくに注意しなければならないのは、還元鉄の再酸化である。

分析は J I S および、鉄鋼化学分析書にしたがつた。

IV. 実験結果

(1) 整流器 A の実験結果

還元湿度と還元速度の関係については、Fig. 2 に見られるように 500°C では還元開始から 15 分の所までは大体直線的に還元が進み 30 分にて 80% を示し、600°C においては、20 分にて 90%、700°C においては 15 分で 90%、800°C では 10 分にて 95% を示した。いずれの温度においても 30 分後には 95% に達し、それ以後は飽和になる。

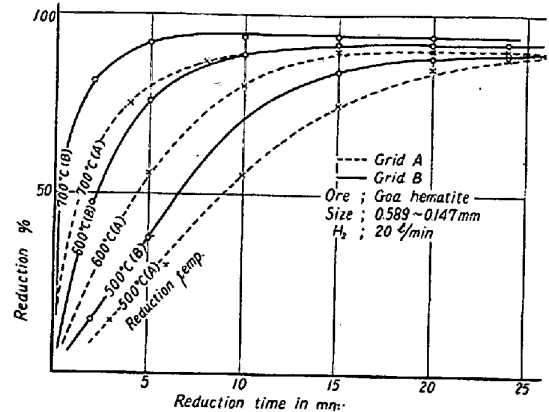


Fig. 2. Effect of temperature on reduction of Goa hematite.

磁鉄鉱についても 500°C で 20 分後に還元率 80% を示し、600°C においては 20 分で 85%、700°C、800°C においては、10 分で 60% を示し以後時間を掛けても還元率は、赤鉄鉱と異り増加しないことが明らかとなつた。

(2) 整流器 B の実験結果

(1) と同様の実験を行い、500°C で 10 分後には還元率 85%、15 分においては 90% を示し、600°C においては 5 分で早くも 82% を示し、700°C においては 2 分で 82%、5 分にて 93% を示し、800°C においてはほとんど 700°C と同様の結果を得た。磁鉄鉱についても、整流器 A より還元率よく、500°C において 10 分で 90%、600°C ではやはり 70%、700°C、800°C についても A 整流器より 10% 位のよい還元率を示した。

V. 結 言

以上の実験から明らかのように整流器 A と B の還元速度を考えてみると激しい攪拌状態にある B の方が Curve の立ち上りが急であるというきわめて興味ある事実に気付く、例としては Fig. 2 に示されたように 700°C、800°C の還元温度においては、5 分以上の還元時間はほとんど無意味となる程である。すなわち整流器 A に比して整流器 B の方がガス流速が大であるために、還元反応生成ガスが鉱石粒子の表面から離脱するのが速やかであると考えられる。この事実は、工業的にも興味ある問題となるであろう。すなわち整流器 B のような方法を用いれば、

(1) 反応時間を短縮することができ鉱石の処理能力を増大することが可能である。

(2) 同時に還元速度の大なることは、同一量の鉱石を還元するのに、使用する水素ガスを減少せしめることが可能である。

また整流器 B の初期の還元速度が大であることと関連して、 $\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$ への還元がきわめて速やかであることが判る。700°C と 800°C で還元時間 2 分後には、もは

や Fe^{+3} が認められなくなる。また金属鉄の平衡とともに Fe^{+2} も、ほぼ平衡に近くなり $Fe^{+2} \rightarrow MFe$ への還元速度は緩慢となる結局、金属鉄を決定するものは $FeO + H_2 \rightleftharpoons Fe + H_2O$ の平衡であることが分る。

以上実験室的結果であるがこれを報告し、工業化への基礎資料となれば幸いである。

(16) 中間試験的流動焙焼炉による硫酸焼鉱の選択塩化焙焼について

名古屋大学, 工学部

工〇岡嶋 和久・工 井上 道雄
理博 佐野 幸吉・工 杉浦義次郎

On the Selective Chlorination Roasting of Pyrite Cinder by the Pilot Plant Fluidizing Roaster.

Kazuhisa Okajima, Michio Inouye,
Kokichi Sano, Yoshijirō Sugiura.

I. 緒 言

著者らは数年来、硫酸焼鉱中の有害成分、すなわち、銅などを乾式的に除去する方法について研究を進めてきたが、この乾式法の工業化の第一段階として、中間試験的流動焙焼炉をもちいて硫酸焼鉱を塩化焙焼処理することにより、その操業の安定性、ならびに脱銅、脱硫、脱亜鉛などについての試験を試みた。

II. 実 験 試 料

使用した試料は八幡、昭和電工、黒崎、ラサ硫酸焼鉱の 4 種類である。Table 1 に示したごとく、昭和電工

Table 1. Chemical composition of samples.

Kind of pyrite cinder	Chemical composition (%)				
	Fe	Cu	Zn	Pb	S
Yawata pyrite cinder	59.6	0.231	0.68	0.007	1.04
Showadenkō	51.2	1.080	0.87	0.047	0.65
Kurosaki	59.0	0.214	0.65	0.050	0.56
Rasa	58.2	0.239	0.32	0.099	0.39

は銅含量がとくに多いが、その他の試料は現在、製鉄原料として使用されているものであつて銅含量が比較的少ない。これらの各種の試料はいずれも -28mesh であるが、粒度分布については、昭和電工はとくに粗粒が多く、ラサは細粒が多い。

III. 流動焙焼炉装置

流動焙焼炉、ならびにその付属装置を Fig. 1 (図省略会場掲示) に図示した。焙焼炉の中心部は径 10cm のステンレス管であつて、その中に径 1.9cm の排出管がある。流動床は径 3.2mm の多数の孔を有するプレートとその上に試料の落下を防ぐ目的で充填した 1.4 kg の径 1.1cm の鋼球、ならびに適当量の石英細粒からなる。焙焼炉の加熱はシリコニット発熱体による。

塩素ガスはポンベより毛細管流速計を通して導かれ空気と混合する。吸収槽の中には苛性ソーダ溶液を入れ、これによつて廃ガス中の塩素を吸収除去する。湿度の測定は電子管式湿度計によつて、また圧力の測定は水を入れた圧力計によつておこなう。

IV. 操 業 方 法

給鉱装置より試料を炉内に充填し、空気のみを送つて流動させながら昇温する。試験温度に達したのち、一定給鉱量のもとに給鉱を開始し、各 5 mn 間における溢流鉱量、ならびに試料による圧降下 ΔP が一定になるように空気流量を調節する。しかるのち、1.3% 塩素含量に相当する塩素ガスを流し始めることにより操業を開始する。かくて操業開始より 5 mn まで、5 mn から 10 mn まで、のごとく 5 mn 間隔に溢流鉱を採取しながら 45mn から 1 h にわたり操業をおこなう。

流動層高は排出管の高さによつて定まるが、この高さは全操業を通して 43cm とした。

採取した各 5 mn 間の溢流鉱は銅、亜鉛、鉛、硫黄の分析に供する。銅の分析は吸光光度法、亜鉛と鉛は重量法、硫黄は燃焼容量法によつた。

V. 操業結果、ならびに操業条件の検討

種々の操業条件のもとで試験をおこなつた結果を Table 2 に示した。試料の温度は焙焼炉の構造上からして T_1 と T_2 の平均温度とした。

著等らのおこなつた基礎的研究によれば、ある試料量の ΔP の測定値は Parent らの式からの計算値にほぼ近似する。しかしながら、本焙焼炉では ΔP の測定値は炉内の全試料量よりの計算値より相当に小さい。これは流動床の鋼球間に試料が挟雑するからであつて、この挟雑した試料は流動し得ないものと考えられる。いま、ある量の試料を充填して圧降下 ΔP_1 が数 cmAq となる状態にし、さらにこれに既知量の試料、たとえば 1500 g を充填する。この場合の圧降下 ΔP_2 と ΔP_1 の差より既知量の試料による圧降下の増加をもとめて、試料の既知量から計算した圧降下とを比較すれば両者はおおよそ近似する。すなわち、流動する試料に関しては Parent らの式が近似的に適用し得るものとみなしてよい。