

Fig. 4. Relation between the CO<sub>2</sub> % after reduction and the reduction % when CO flow was changed.

(Self-fluxing sinter B, size 2,5~5mm, 900°C, 50g)

その CO<sub>2</sub> 曲線は鉄石サイズ、接触時間などによる平衡よりのずれと見做され、それらの間には各還元率において、指数関数として(1), (2)式の関係がみられる。

$$622.391.1:667.098.1.084$$

$$:669.162.227$$

(29) 鉄鉄石の脈圧還元

八幡製鉄技術研究所

児玉惟孝・重見彰利・東辰男

Gas Reduction of Iron Ore under Pulsing Pressure.

Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI  
and Tatsu HIGASHI.

I. 緒言

通常鉄鉄石の還元は、鉄石自体の被還元性と還元条件によつて規定される。このことについてはこれまでの数多くの研究によつてかなり明らかにされており、常圧下における各要因との関係を示す一般式も導かれている。一方還元ガスの圧力を高めた場合の研究はそれ程多くはないが、近年高圧操業が注目されてきたことから、この種の実験結果が報告されてきつつある。このことに対して還元ガスの圧力を単に上げるだけでなく、脈動圧を与え、これによつて還元率を向上させる方法が考えられている。このような方法に効果があるとすれば、次の点で効くものと考えられる。すなわちガス圧を脈圧にすることによつて鉄石内部へのガスの浸透、逃を促進し、これによつて還元効果を高めようとする事である。或いはまた脈圧によつてガスの流れが脈流となり、鉄石に対するガス流の dead point が変ることによる効果も考えられる。脈圧によつて鉄石の還元を促進させる実験は、実験室規模で最高 430,000 c/s までの高い周波数で行なつた報告がみられるが、実際の溶鉄炉で実施し得る周波数はむしろ低い周波数と考えられる。そこでこれらのことを考慮して還元性におよぼす脈圧効果を実験によつて検討することとした。

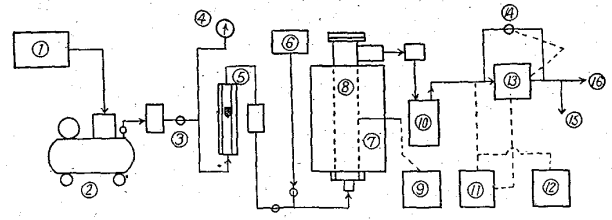


Fig. 1. Experimental apparatus.

II. 実験方法

Fig. 1 の変圧還元実験装置を使用して行ない、供試鉄石はゴア、ララップ、印度各鉄石および焼結鉄を使用した。実験条件は鉄石粒度 20±1mm、還元温度 900°C、還元ガスの成分 CO 30% N<sub>2</sub> 70%、還元時間 180 分で行なつた。一定圧力の還元ではガスの圧力を 1.0 kg/cm<sup>2</sup> から 3.0 kg/cm<sup>2</sup> まで変えて行い、その時の流量は圧力 1.0 kg/cm<sup>2</sup> のとき 15 l/mn として、反応管内の流速が同じになるように圧力に応じて流量を変えた。脈圧の場合の流量は、例えば 1.6~2.0 kg/cm<sup>2</sup> の圧力変動で行う場合、高い圧力側即ち 2.0 kg/cm<sup>2</sup> の一定圧で行うときの流量と同じにした。脈圧還元の実験はまず周波数 10 回/mn で行なつて一定圧と比較し、次いで周波数を変えて実験した。このときの周波数は 17 回/mn に速めたものおよび 6 回、2 回……1/5 回/mn と減じた。脈圧圧力は 1.5 kg/cm<sup>2</sup> に対して 0.2 kg/cm<sup>2</sup> の圧力差、2.0 kg/cm<sup>2</sup> 以上の圧力に対しては 0.4 kg/cm<sup>2</sup> の圧力差を与えた。脈圧の波形は、周波数 6 回/mn 以下では昇圧時間と降圧時間がほぼ同じになるように行つたが、10 回/mn では降圧時間が短くなつている。これは反応管内の昇圧時間がその内容積と還元ガスの流量などによつて限られ、上記波形のままでは時間短縮が出来なかつたためである。なおこの実験の波形がサインカーブに近似しているが、この形が最も良いということでは無い。

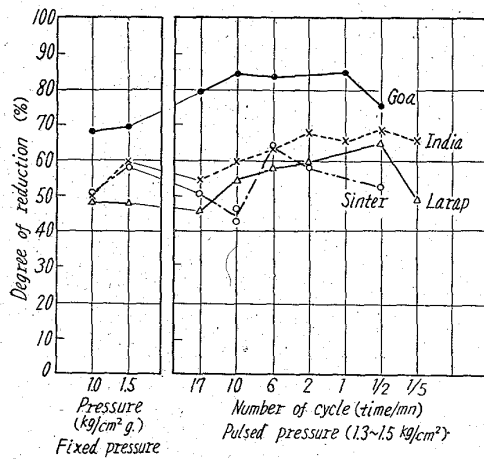
III. 実験結果

何れの鉄石も還元ガスの圧力を増すことによつて還元率は向上した。しかしその程度は鉄石によつてこととなつており、磁鉄鉄のララップ鉄石では赤鉄鉄のゴア、印度各鉄石程の効果を得られていない。このような差は鉄石の物理的、あるいは化学的性状の相異によるものと思われる。これら一定圧力に対し周波数 10 回/mn の脈圧の場合の還元性を比較すると Table 1 のごとくである。ゴア鉄石は脈圧効果はかなりあり、特に低い圧力で効果が大きい。ララップ鉄石は 1.5 kg/cm<sup>2</sup> で効果がみられても 2.0 kg/cm<sup>2</sup> では低下している。印度鉄石は 1.5 kg/cm<sup>2</sup> で変りなく 2.0 kg/cm<sup>2</sup> で低下し、焼結鉄は繰返し実験によつても明らかに負の効果となつている。すなわちこの周波数では鉄石の銘柄によつて効果のあるものとそうでないものがあり、一般に高い圧力のものに対してよりも低い圧力の方で効果がみられる。また脈圧効果の得られる周波数は各鉄石によつてその周波数範囲がそ

Table 1. Comparison of degrees of reduction.

Origin of ore	Fixed pressure		Pulsing pressure		Flow rate l/mn
	Pressure kg/cm <sup>2</sup>	Degree of reduction	Pressure kg/cm <sup>2</sup>	Degree of reduction	
Goa	1.5	69.6	1.3~1.5	84.7	22.5
	2.0	87.1	1.6~2.0	88.4	30.0
	2.5	86.1	2.1~2.5	75.2	37.5
	3.0	79.1	2.6~3.0	85.7	45.0
Larap	1.5	48.1	1.3~1.5	54.6	22.5
	2.0	50.6	1.6~2.0	47.7	30.0
India	1.5	59.4	1.3~1.5	59.6	22.5
	2.0	72.3	1.6~2.0	63.5	30.0
Sinter	1.5	58.6	1.3~1.5	46.5	22.5
				42.8	22.5

Note: Ore size : 20±1mm. Temperature : 900°C.  
Time : 180mn, Gas composition : Co 30% + N<sub>2</sub> 70%



Conditions of experiment:  
Temperature: 900°C, Ore size: 20±1mm  
Time: 180mn, Gas composition: CO 30% + N<sub>2</sub> 70%  
Fig. 2. Effect of the number of cycles on the degree of reduction.

それぞれことなるものと考えられる。次に脈圧圧力を 1.3~1.5 kg/cm<sup>2</sup> とし、周波数を変えて還元率におよぼす影響を調べてみた。この場合、周波数の増加は前述のように還元ガスの流量との関係があるため、還元ガスの流量を 45 l/mn (一定圧 3 kg/cm<sup>2</sup> の時の流量) に増加して周波数を増し 17 回/mn で行なった。しかしこれ以上の周波数増加は行わず、実験は周波数を低く変えて行なった。結果は Fig. 2 に示す。これによるゴア鉱石は脈圧によって還元率が上昇するが周波数が 1/2 回/mn に

なると脈圧効果が消える。他の 3 銘柄はいづれも速い周波数では効果がなく、周波数をおそくするとある適当な周波数範囲で還元効果を示している。しかしどの鉱石もそれ以上周波数をおそくすると結局一定圧力での還元率に戻る。この事から鉱石の還元に対する還元ガスの脈圧効果は明らかに認められる。しかしながら各鉱石によって効果を示す範囲と程度が若干ことなっている。このような差は各鉱石の気孔率、あるいは気孔の大きさなどが影響しているものと思われる。もし溶鉱炉においてこのようなことを適用しようとする場合には、出来るだけ多くの鉱石に効果があるような周波数にすべきで、当実験の結果からは 6~1/2 回/mn の周波数範囲が有効である。またこのような場合は、脈圧を与える方法やそのサイクルの形、あるいは脈圧圧力の範囲などについても更らに検討が必要であらう。例えば炉頂側でガス弁の開閉によって炉内圧を脈圧にした場合、どの程度の周波数が得られるかを求めると次のごとくなる。

$$(V_T - 1/2V_1)(P_1 - P_2) = wt_1 \dots \dots \dots (1)$$

- V<sub>T</sub>: 炉内容積および圧力弁までの容積
- V<sub>1</sub>: 炉内装入物層の容積。但し空隙率 50% とす
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>: 脈圧の高低各圧力
- w: ポッシュガス量
- t: 昇圧時間

炉内空隙容積に対して送風量が大きくなれば昇圧時間は短くなり周波数を増し得る。脈圧圧力差を大きくする程昇圧時間は長くなる。当実験は圧力を 1.3~1.5 kg/cm<sup>2</sup> で行なったが、この程度の圧力差を与えて昇圧時間と降圧時間が同じになると周波数はほぼ 4~8 回/mn となり前記実験結果の有効周波数にすることも可能である。

炉内に脈圧を与える方法は炉頂ガス管の弁を使用するもの、羽口側送風圧力を脈動圧にする方法などがあるが与えた脈圧が装入物層の中のガスの流れにどのように伝達されるかという点を考慮しなければならない。また炉内は脈流となり、流速が一時的にあるいは局部的に大きくなることもあるため、この事に起因するトラブルも考慮しておく必要がある。

IV. 結 言

鉄鉱石の還元におよぼす還元ガスの脈圧効果を実験によって検討した。

- (1) どの鉱石も還元ガスの圧力を上げると還元率は上昇する。しかしその効果は各鉱石によってことなる。
- (2) 還元ガスの圧力を脈圧にすると還元効果は明らかに認められる。しかしながら各鉱石によって効果を示す範囲と程度が若干ことなっている。当実験に使用した鉱石の何れにも効果の認められる周波数範囲は 6~1/2 回/mn である。