

# ストレインゲージを用いた熱天秤の試作と還元実験への適用

A Thermobalance using the Strain Meter and it's Application to the Iron ore Reduction.

江本 房利\*・館 充\*

Fusatoshi EMOTO and Mitsuru TATE

## 1. ま え が き

筆者らは鉄鉱石の還元機構を解明することの一環として、とくに 1000°C 以上から 1600°C の還元された鉄が溶融する温度域についての研究を行なっている。しかしこの温度域では高温連続使用に耐える耐火材や、実験装置に種々の難点があり、還元反応の直接的定量的把握に多くの困難を伴っている。

鉄鉱石を CO や H<sub>2</sub> などのガスで還元を行なう場合、反応によって生成する H<sub>2</sub>O や CO<sub>2</sub> のガス分析、還元ガスの利用率などから反応を推測する進め方が行なわれている。また低温度域では熱天秤を用いて還元反応による鉱石重量の変化を追跡することなども行なわれている。しかし筆者らの意図する高温度域では還元反応は数分で完了することが過去のデータから明らかになっている。このように速い反応を追跡する場合、前述のガス分析による方法では、反応によって生成したガスを捕集して分析するまでに時間的遅れが生じ、反応の追跡が間接的になる。したがって高温の速い反応の状態をありのままに定量的にとらえるためには、やはり還元反応に伴う重量変化を追跡することが望ましい。筆者らはこの要求をみたすべく、簡便にして精度が高く、しかも連続的に測定可能で経済的な熱天秤の試作を行ない、かなり良好な結果を得たのでこれを紹介する。

## 2. 熱天秤の特長および装置の概略

装置の試作にあたっては研究目的から、イ) 1600°C までの高温還元ふんい気での重量変化を検出できること、ロ) イ) の使用条件下で還元反応は 6g の試料を用いた場合 4mg/sec の重量変化を伴うことが予想されるのでこれを感知できること、ニ) 試料の可変量および試料保持のための風袋等を含めて総重量 50~200g の荷重に耐えること、ハ) 使用が簡便で費用が安価なこと等々の条件を考慮して、重量変化の検出にストレインゲージを用いたことにその特色がある。すなわちストレインゲージによって重量変化をひずみ量として検出し、ひずみ量を動ひずみ測定器によって電気信号として取り出す方法を試みた。その結果初期の目的である重量の連続的变化を即刻記録することができた。

装置の概略を図 1 に示した。装置は A、風袋保持部、B 変量検出部、C 試料保持および反応炉から構成されている。A は化学天秤であって、これに風袋等の重量変化に関係しない重量を持たせることによって、ゲージの許容荷重を 0~10g の範囲の変化量にあてることができた。さらに化学天秤によって試料の重量変化測定前に、あらかじめ天秤に分銅を乗せ分銅重量によるひずみ量をチェックすることができるようにした。B の変量検出部は市販の非接着型ストレインゲージで、最大荷重 10g に対する感度は 1/10000 を有するものを使用した。C の試料保持部は試験の目的に応じてステンレスやモリブデンのバケットを作製して供した。反応炉は 20 KVA (炉内容積 763 cm<sup>3</sup>) の堅型タンマン炉を使用し、タンマン管内にさらにシャモットの反応管を挿入し下部から還元ガスを送入するようにした。B のストレインゲージと C の炉体との間には Al 板を置き下の炉体からのふく射熱

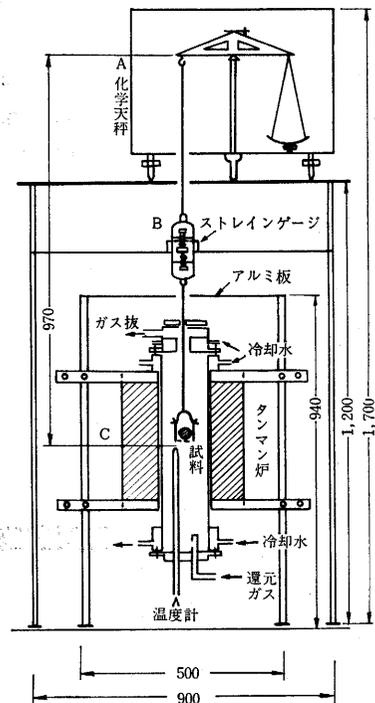


図 1 試作装置の概略および寸法

\* 東京大学生産技術研究所 第 4 部

を防いだ。またAの化学天秤およびゲージをとりつける支台は、ゲージが 0.1 mg の高感度であるため、炉体からくる振動を防ぐために炉体とは切離してある。

3. 本装置の精度

表1に本装置によって得た鉄鉱石の化合水の秤量値を、他の方法で分析した値と対比させて示した。また表2には鉄鉱石を90%程度還元して、そのときの実際の重量減少量と、記録紙から読みとった重量の差を対比させた。その結果変化量約1gに対する誤差は5%程度の範囲におさまっている。この値は市販の変位の検出に差動トランスを用いた方式の熱天秤が、変化量1gに対し0.1%といわれているのに比べてかなり劣っている、しかし筆者らの実験目的には現段階でこの程度の誤差はさしつかえなく十分使える。またガス流中に試料をつるした場合に起こる天秤の振れ(記録計にはノイズとなって現われる)は、ガス流速16cm/secの状態では2.0gフルスケール(ストレインゲージのひずみ量400 $\mu$ ストレイン)で86mg、ペンの振れ幅にして5mm程度であった。

表1 試作熱天秤による鉄鉱石化合水の分析値

	他の方法による分析値	試作装置による分析値(%)
鉄石 A	13.5	14.0
		13.8
		14.0
		14.2
		13.8
鉄石 B	5.90	5.83
		6.36
		6.27
		5.95
		5.84

表2 本装置の精度

試験温度(°C)	実験減量(g)	記録紙の読みからの減量(g)	実際減量に対する誤差(%)
1000	0.6309	0.638	(+)1.13
"	0.9366	0.9584	(+)2.3
1100	0.9120	0.907	(-)0.54
"	0.8778	0.9047	(+)3.05
1200	1.0297	1.045	(+)1.49
1300	0.9244	0.878	(-)5.02

4. 本装置の還元試験への適用

図2に本装置を用いて約4gの生ペレットを1100°CでCOガスで還元を行なった場合の例を示した。試験は、はじめにAr気流中で約87°C/minの速度で昇温し、所定温度に達してから還元ガスに切換え、一定時間その温度に保持するやり方で行なう。この図にみられるよう

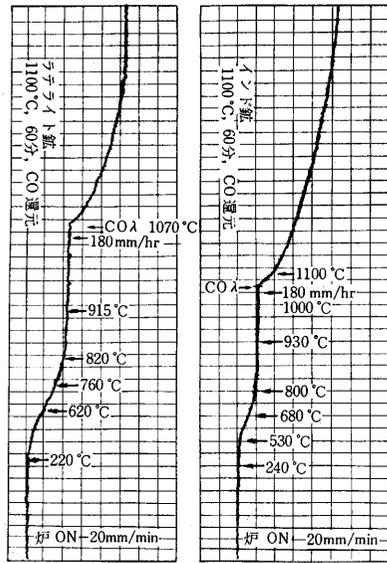


図2 試作装置による還元試験例

に、はじめの昇温過程で鉄鉱石の化合水がとれるが、化合水は600°C近辺で急激にとれ、800°C近辺ではほぼ除去されてしまう。その後は昇温に伴う重量変化は起こらない。次に還元を開始すると鉱石からの酸素の除去による重量変化が再び起こり、時間の経過とともに還元反応の進行状況が観察される。そして高還元率になるに従い、還元による重量変化が小さくなっているのがみられる。

図2は重量減少に相当するゲージのひずみ量が記録されたものであるが、記録紙上に供試料である鉄石の持つ酸素量をあらかじめ記しておけば、還元の進行に伴う重量変化を即刻還元率として読みとることができる。このように本装置によって還元反応の時間的経過が直接定量的にとらえられることは、今後鉄鉱石の還元機構を解いてゆく場合きわめて有効である。とくにまだあまり解明されていない高温域での還元速度の解析に本装置を利用できる見通しを得ることができた。

5. あとがき

まだ定量データをとるには精度に若干の甘さがあり、水素など爆発性のガスを利用するには構造上難点があるなどの欠点はあるが、これは今後本装置を使いこなす過程で生じる問題点の改良によって十分克服できるものである。

なお本装置の試作にあたっては、当所中根講師の配慮、同研究室桑野技官、工学部館研山村村助手、また新興通信工業株式会社技術部橋本節治氏の助言と激励をいただいたことを感謝する。(1969年1月12日受理)