

鐵 と 鋼 第十九年 第 八 號

昭和八年八月二十五日發行

論 說

人工製及び天然産酸化鐵の還元及び酸化と磁性

(日本鐵鋼協會 第 10 回講演大會講演)

長 谷 川 熊 彦*
後 藤 有 一*

THE MAGNETIC PROPERTIES OF THE ARTIFICIAL AND NATURAL IRON OXIDE DURING REDUCTION AND OXIDATION AT DIFFERENT TEMPERATURES.

by Kumahiko Hasegawa and Yuichi Goto.

SYNOPSIS:— These experiments were dealt with to illustrate the magnetizing phenomena of iron oxide by the reduction and oxidation. Using ballistic galvanometer and specially wound secondary coil on silica tube, in which sample was packed in definite condition in powder form, inserted in a electric tube furnace which is arranged in a magnetic field obtained by primary coil, the magnetic intensity of the sample at the different temperatures were determined relatively by the amount of the scale deflection. Artificial ferric oxide was prepared from ferric hydrate deposit from iron solution. Artificial and natural Fe_2O_3 were reduced by the current of H_2 gas, coal gas and CO gas at the temperatures varying $10^\circ\sim500^\circ C$ separately, and measured those magnetic intensities during the magnetizing reaction.

At the temperature $180^\circ C\sim300^\circ C$ the magnetizing reactions begin and attain maximum value at $350^\circ C\sim400^\circ C$ showing the formation of Fe_3O_4 . By the further reduction of the sample, the magnetic intensity increases slowly in the case of H_2 gas and coal gas, and for CO gas it decreases slightly. And artificial Fe_2O_3 is much easily magnetized compared with natural one; magnetized at lower temperature and shorter time. By the oxidation of the reduced sample at $200^\circ C\sim220^\circ C$, the magnetic intensity was increased showing maximum value at the same temperature, and being kept constant up to $300^\circ C$ it decreased suddenly from that temperature and diminished at $550^\circ C$. This change is owed to the formation of Fe_3O_4 and magnetic Fe_2O_3 at first, and non-magnetic Fe_2O_3 at last. The changes magnetic $Fe_2O_3\rightarrow$ non-magnetic Fe_2O_3 were determined for many samples after the magnetizing reduction and illustrated them by the temperature-magnetic intensity curves. The magnetic intensity of the reduced sample was increased also by heating it in vacuum above $600^\circ C$ because of the formation of stable magnetic oxide by the heat treatment. Natural or artificial Fe_3O_4 showed magnetic transformation at the temperature of $600^\circ C$ where Fe_3O_4 loses magnetic intensity and by cooling recovers it back again tracing the same curve as heating expressing reversible change.

目 次

1. 緒 説
2. 試 料
3. 實驗裝置及び實驗方法
4. 實驗結果— a. 人工製 Fe_2O_3 の還元及び酸化,
b. 天然産 Fe_2O_3 の還元及び酸化。 c. 天然産 Fe_2O_3 ,
 Fe_3O_4 及び還元試料の加熱。
5. 實驗結果の考察。 6. 總 括

1. 緒 説

鐵の酸化物は人工により沈澱水酸化鐵より容易に作り得らるゝ。又天然には鐵礦として Fe_2O_3 , $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$, Fe_3O_4 の形にて産して居る。 Fe_2O_3 は最も安定なる高級酸化状態である。鐵礦の還元又は純鐵の緩慢酸化實驗により生ずる人工酸化鐵は種々の低級酸化鐵を推理し得る。Sosman and Hostetter¹⁾ 氏の發表によれば

*) 旅順工科大学

¹⁾ R. B. Sosman and J. C. Hostetter: Journ. Amer. Chem. Soc. 1916. 807. 831.

化學式(推理)	FeO %
Fe_2O_3	0
$Fe_7O_{10} : (FeO) \cdot 3(Fe_2O_3)$	14.29
$Fe_{13}O_{18} : 3(FeO) \cdot 5(Fe_2O_3)$	23.08
$Fe_8O_{11} : 2(FeO) \cdot 3(Fe_2O_3)$	25.00
$Fe_{11}O_{15} : 3(FeO) \cdot 4(Fe_2O_3)$	27.27
$Fe_3O_4 : (FeO) \cdot (Fe_2O_3)$	33.00
$Fe_4O_5 : 2(FeO) \cdot (Fe_2O_3)$	50.00
$Fe_5O_6 : 3(FeO) \cdot (Fe_2O_3)$	60.00
$Fe_6O_7 : 4(FeO) \cdot (Fe_2O_3)$	66.00

以上の推理は FeO 及び Fe_2O_3 を基礎とせる近似式で不安定酸化物は此他にも想像され得る。 FeO は單體として存在し能はざるも化合物として廣く天然に見出され又鐵鑛の處理に於て鹽基性酸化物として存在し得る。 Fe_2O_3 及び Fe_3O_4 は單體として天然に産出するも此兩者は必ずしも純粹狀態として出ず屢々夾雜して居る。T. M. Broderick 氏²⁾によれば礦物學的に Fe_2O_3 及び Fe_3O_4 は金屬間の關係に類似せる混合體となる。即ち顯微鏡により兩者の組織を研究せる結果第一は Fe_2O_3 中に Fe_3O_4 は固溶體として或は Fe_3O_4 中に Fe_2O_3 が固溶體として存する場合である。此實例は多數産地の礦石に就き Sosman 氏³⁾⁴⁾⁵⁾によりても説明されて居る。此固溶體を Martite と名付けられて居る。其第二は兩者の混合晶として介在せるもので假像をなし相互結晶中に介在するとか、脈狀、粒狀、或は共晶狀となりて存在するものである。

岩瀬博士⁶⁾の研究によれば Fe_3O_4 の還元に於ける $CO-FeO-Fe_3O_4$ 系三元平衡論の機構に於て CO の分解による C の存在する間は氣相の變化なく FeO は Fe_3O_4 に固溶體となりて存在し得る。事實上 FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 は相互間に固溶體を作り得る事は推理し得る。

天然產酸化鐵の磁性に關しては Sosman and Hostetter 氏³⁾⁴⁾⁵⁾ Broderick 氏²⁾ S. Hilpert 氏⁷⁾ 氏等によ

り繰返され牽引法により比較測定されて居る。 Fe_2O_3 は非磁性で FeO の増加と共に増加し Fe_3O_4 に達する時最大を示して居る。或は FeO の量に相當して Fe_3O_4 を増し磁性の合計を示すと云ひ得る。更に FeO を増加すれば却て磁性を減少する事を推理されて居る。従て珪砂、磁鐵鑛粒、赤鐵鑛粒の混合試料に於ても同様の結果を示して居る。K. Honda and T. Sone 氏⁸⁾は赤鐵鑛及び磁鐵鑛に就き磁力計法により高温度に於ける磁氣變化を發表されて居る。 Fe_3O_4 は酸素壓のもとにて加熱さるゝ時は $700^\circ C$ 附近にて著しく磁性を失ひ尙より以上の温度に上さるゝ時は Fe_2O_3 の磁性に變ずる。同様の實驗にて Fe_2O_3 は $675^\circ C \sim 680^\circ C$ に於て微弱なる磁氣變態を起す事を述べられて居る又 T. Okamura 氏⁹⁾の發表によれば Fe_3O_4 は $-162^\circ C$ に於て同素變態を起し磁氣、熱膨脹等の可逆的急變を示して居る。之等の磁氣變化中酸化或は還元によらざる變態の場合は酸素原子の移動と鐵原子の排列の變化とされ同時に熱的現象を伴ふものと云はれて居る。Sosman and Hostetter 氏¹⁾ G. Chandron and H. Forestier 氏¹⁰⁾ 吉村倫之助氏¹¹⁾等は Fe_2O_3 の熱分析により $675^\circ C \sim 680^\circ C$ に於て熱の出入有る事を發表されて居る。

酸化鐵は上述せる如く種々の形態を占め熱による變化と磁性とを伴ひ興味ある問題にして近年有益なる實驗が發表されて居る。Sosman and Hostetter 氏¹⁾によれば人工製 Fe_2O_3 は $1,000^\circ C$ 以上に加熱さるゝ時一定 O_2 壓下に於て解離を起し一部 FeO に變じ固溶體として存在し Fe_3O_4 に相當し磁性を得らるゝとされて居る。 $1,000^\circ C$ 以下に於ては解離速度微細なるため此現象を認められぬ。O. Bandish 氏¹²⁾は人工製 Fe_3O_4 を空氣中に於て加熱し酸化せしめ興味ある結果を發表されて居る。 Fe_3O_4 は $220^\circ C$ に於て Fe_2O_3 に變ずるも磁氣を失はず更に温度を上し $550^\circ C$ に達する時初めて磁性を失ひ冷却に於ては Fe_2O_3 の非磁性を残して居る。此 $220^\circ C \sim 550^\circ C$ 間は磁性と呼ばれ赤鐵鑛の化學成分にあるも鐵原子は磁鐵鑛の場合と同一結晶系として排列し鐵原子の空間格子に過剰の酸素原子が侵入せるものと云はれて居る。即ち $220^\circ C$ 變化を第一

²⁾ T. M. Broderick: Economic Geology. Vol. XIV. 1915. No. 5.

³⁾ R. B. Sosman and J. C. Hostetter: Trans. Amer. Inst. Min. Eng. 1918. 407.

⁴⁾ R. B. Sosman and J. C. Hostetter: Trans. Amer. Inst. Min. Eng. 1918. 434.

⁵⁾ R. B. Sosman and J. C. Hostetter: Bull. Amer. Inst. Min. Eng. 1917. 930.

⁶⁾ 岩瀬慶三: 金屬の研究、大正 14 年 3 月

⁷⁾ S. Hilpert: Ber. Deutsch. Phy. Gesel. 1909. 293.

⁸⁾ K. Honda and T. Sone: Sci. Rep. Tohoku Univ 1914 3., 223.

⁹⁾ T. Okamura: Sone: Sci. Rep. Tohoku Univ 1932. 21, 231.

¹⁰⁾ G. Chandron and H. Forestier: Compt. Rend. 1924. 179. 763.

¹¹⁾ 吉村倫之助: 工業化學雜誌 昭和 7 年 3 月

¹²⁾ O. Bandish: Philosophical Magazine. Vol. 50. 1925. 399.

次變化 550°C を第二次變化と名付られて居る。第二次變化以上に於ては Fe_2O_3 本來の結晶に復して非磁性に變ずる。天然産 Fe_3O_4 の酸化に關しては本多博士は 700°C にて磁氣を失ふと云はれ Sosman 氏⁵⁾によれば 800°C に於て磁氣を失ふとされ Bandish 氏の第一次及第二次變化は合併して表はれ全く趣を異にする。即ち人工製 Fe_3O_4 と天然産 Fe_3O_4 とは酸化度及び結晶系の變化に相違著しき事を認めらるゝ。

R. D. William and Thewlis 氏¹³⁾は沈澱により得らるゝ $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ を加熱し結晶系の變化を X 線により論ぜられて居る。 $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ は Lepidocrocite 組織を示し之を加熱脱水せしむる時は 250~300°C に於て cubic の組織に變じ磁性を示して居る。即ち Bandish 氏の磁性 Fe_2O_3 に相當するものである。350°C に於て化合水を出し 500°C~600°C に於て Rhombohedral 形 Fe_2O_3 に變じ磁性を失ふに至る。之れ前掲 Bandish 氏の第二次變化に相當して居る。又同様の研究は J. Thewlis 氏¹⁴⁾によりても發表されて居る。沈澱による $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ を 400°C に於て加熱脱水する時は cubic Fe_2O_3 を得られ γ Fe_2O_3 と名付け、又沈澱により得らるゝ Fe_3O_4 の兩者に對し X 線寫眞及び X 線光度を測定して結晶系を一層鮮明にされて居る。即ち γ Fe_2O_3 は Fe_3O_4 と同様に cubic 形で $Fe_3O_4 \rightarrow Fe_2O_3$ にて cubic Fe_2O_3 を得る場合は酸素原子 4 個を鐵原子格子内に増加せるもので $Fe_{24}O_{32} \rightarrow Fe_{24}O_{36}$ により示さる可きものとされて居る。

然るに酸化鐵の還元及び酸化の過程に於ける磁性の變化を實驗せるものを見ない。著者等は彈性電流計 (Ballistic Galvanometer) を用ひ酸化鐵の透磁率に基く磁氣の強さを比較し以上抄録せる事實の一部を明にせん事を試みた。砂鐵礦の比較感磁性に關しては著者の一人¹⁵⁾により已に發表せる如く其含有する磁鐵礦分に應じて特性曲線に従ひて變化する事を簡単に決定し得た。又此方法による時は溫度變化と磁性とを測定するに便利である。即ち人工製及び天然産酸化鐵を低溫度に於て H, CO 及び石炭瓦斯により輕き還元を行ひ低級酸化鐵を作り其間に於ける磁性の變化を明瞭にする事を得た。又眞空狀態及び酸化狀態に於て各種酸化鐵を加熱する時は酸化鐵は再び磁性を増減する事を知

り得た。本實驗の結果を前掲諸氏の發表と對照し鐵礦磁化焙焼に於ける現象の説明に資せんと試みたものである。瑞典國フェルリユセントラト會社は Fe_2O_3 を 600°C に於ける單純加熱により磁性を與へ得る事を主張せるも著者等の實驗によれば然らざる事を明にし得た。

2. 實驗試料

人工製 Fe_2O_3 :- メルク製硝酸鐵溶液に 7% アムモニア液を注ぎ水酸化鐵の沈澱を作り次に之を濾過し溫湯にて數回洗滌してリトマス紙によりアルカリ性反應を認めざるに至つて止め、最初 80°C にて 24 時間乾燥し次に 120°C にて 24 時間乾燥し最後に 350°C にて 20 時間焼きて完全に水酸化鐵を酸化鐵に變じて作つた。其成分は次の如きものである。

全鐵分 69.06 % Fe_2O_3 98.73 %

天然産 Fe_2O_3 及び Fe_3O_4 :- 最も純粹なる試料を蒐集せるもので次の如き種別である。

種 別	全 鐵	Fe_2O_3	Fe_3O_4
黃梅山赤鐵礦 (Fe_2O_3)	67.12	89.11	6.63
西鞍山 " (")	66.94	90.26	5.27
本溪湖磁鐵礦 (Fe_3O_4)	71.54	0.19	98.68
鞍山精鐵 (")	71.95	0.23	99.21

赤鐵礦は僅少の Fe_3O_4 を分析に示すも事實磁性を示さず Fe_2O_3 として考へた。鞍山精鐵は還元磁化によるものなれば天然産 Fe_3O_4 とは稍々趣を異にするも原鐵石中に天然 Fe_3O_4 を多く含むため假に天然産 Fe_3O_4 の部類とした。

實驗に當つては之等試料を粉末とし黃梅山赤鐵礦、本溪湖磁鐵礦、鞍山精鐵は 80~100 目間の粒とし、西鞍山赤鐵礦及び人工製試料は 60~80 目間の粒とした。

3. 實驗裝置及び實驗方法

本實驗に於て磁性の測定には彈動電流計法を用ひた。彈動電流計は可動コイルの慣性能率大なるため其振れは電流計を流るる電氣量に比例するため測定す可き物體に二次コイルを巻き付けて測定すれば磁氣の強さを知る事が出来る本實驗に使用せる電流計は横河製 D₃ 型 A 級、週期 10.5 秒、感度 2.5×10^{-10} A である。

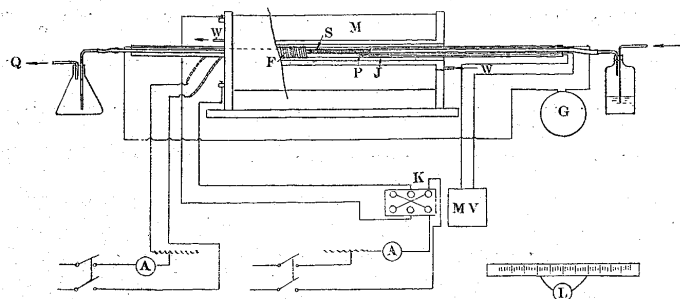
第 1 圖は實驗裝置の大略である。二次コイル S は内徑 5.20 mm、外徑 7.85 mm のシリカ管で B. S. 20 番銅線を約 1 cm 10 回の割合にて 14 cm 巻き高溫に於て各線間を絶縁するためにカオリンを塗り更に上部をアスベスト及びカオリン混材にて被覆した。従て絶縁及酸化を防ぎ得た。

¹³⁾ R. D. William and J. Thewlis: Trans. Faraday Soc. 1931. 767

¹⁴⁾ J. Thewlis: Philosophical Magazine 1931. 1089.

¹⁵⁾ 長谷川熊彦: 鐵と鋼 昭和 7 年 7 月

第 1 圖



A. 電流計 G. 彈動電流計 L. ランプ、スケール
 M.V. 溫度計 K. 水銀轉換器 Q. アスピレーター或はポンプ
 W. 冷却水 M. 起磁コイル S. 二次コイル F. 加熱爐
 P. 熱電對 J. 冷却管

二次コイルの外部 F はニクロム電氣爐で加熱の目的に作られて居る。加熱電流により生ずる磁場を相殺するためニクロム線を折り曲げ2本の平行線となしてシリカ管に巻き回路を二重となし逆電流を流し得る如くした。起磁コイル M は外径 12 cm、内径 6 cm、長さ 40 cm で中央部の磁場は一定である。磁場の強さは

$$H = \frac{4\pi \cdot 1742}{10 \cdot 40} \cdot i \quad i = 5 \text{ アムペア}$$

$$H = 274 \text{ ガウス}$$

起磁コイルの内側に眞鍮製二重管を置き水を流して冷却しコイルを保護して居る。K は水銀轉換器で之を切り換る事により電流を十から一に變化せしめ得る。即ち電流の轉換により試料の透磁率に應じて彈動電流計の回路に感應電流を生じ其電氣量に依り彈動電流計の鏡が振る。電流計の前方 1 m にランプ、スケールを置き此振れを読んだ。

彈動電流計の振れはコイルを通る磁束に比例するが故に本装置にてシリカ管の内部斷面積及び二次コイルの平均面積を知る時は透磁率を計算し得る。

A_0 …… 二次コイルを巻けるシリカ管の内部面積

A_e …… 二次コイルの平均面積

d_0 …… 彈動電流計の振れ

H …… 磁場の強き C …… 定數

$$d_0 = C \cdot A_e \cdot H \dots\dots\dots (1)$$

試料を入れたる場合には

$$\text{磁束} = (A_e - A_0)H + A_0\mu H$$

μ …… 試料の透磁率

$$\text{電流計の振れ } de = C [(A_e - A_0)H + A_0\mu H]$$

$$\frac{de}{d_0} = \frac{(A_e - A_0) \cdot H + A_0\mu H}{A_e \cdot H}$$

$$\frac{de}{d_0} = R \text{ とすれば}$$

$$\mu = \frac{A_e}{A_0} R - \frac{A_e - A_0}{A_0} \dots\dots\dots (2)$$

鞍山精鑛の透磁率は試料充填密度 $1 \text{ cm}^3 2.65 \text{ gr}$ に於て 5.29、同様に本溪湖磁鐵鑛の場合には 5.80 である。

次に磁氣感應度を B とすれば磁氣の強さは次の如く表さる。

$$\text{磁氣の強さ} = \frac{B - H}{4\pi} = I$$

(2) 式を解き (1) 式の d_0 値を代入すれば

$$de - \frac{A_e - A_0}{A_e} d_0 = \frac{A_0}{A_e} d_0 \mu = C A_0 \mu H = C \cdot A_0 B$$

此式より明かなる如く左邊の値は試料を通る磁束による振れを表はして居る。次に試料を入れざる場合の斷面積 A_0 を通る磁束に依る振れは (1) 式同様に

$$d = C \cdot A_0 \cdot H = C \cdot \frac{A_0 A_e}{A_e} \cdot H = \frac{A_0}{A_e} d_0$$

磁氣の強さ $\frac{B - H}{4\pi}$ は上式より導く事を得

$$\begin{aligned} \frac{B - H}{4\pi} &= C' \cdot \left[de - \frac{A_e - A_0}{A_e} d_0 - \frac{A_0}{A_e} d_0 \right] \\ &= C' \cdot [de - d_0] \end{aligned}$$

即ち磁氣の強さは試料を入れたる場合の振れとコイル自身の振れとの差に比例して居る。従て此 $de - d_0$ の値を決定し得る時は磁氣の強さを比較し得る。本實驗に有ては此値を以て磁性として比較した。磁性を帶ぶる試料の磁極に吸引さるゝは次の如き帶磁率 K にて $\frac{I}{H} = K$ 表はさるゝ。 K 値大なる程磁性體の吸引力は大である。即ち磁氣の強さは磁氣吸引力に比例すると云ひ得る。従て磁氣天秤又は磁選別等により表はさるゝ比較磁性は上述方法により一層精密に基本磁性として推理し得る。勿論磁氣天秤及び磁選別等は試料の重量、磁極との距離、磁極の形狀等の條件複雑し單純なる磁氣の強さとならぬ。

試料の存在する範圍の磁場を一定にするため試料はコイルの中央部に置いた。試料を入るゝには硝子棒を用ひてシリカ管内に正確に詰め長さ 14 cm とした。各試料により若干比重の相違を生ずるため全實驗を通じて嚴重に磁性を比較する事は困難なるも同種試料に對しては同様と認め得る

本装置にてコイル自身による弾動電流計の振れは 40.5 である。即ち空氣中又は非磁性物質の場合である。又溫度により此振れは若干の變化を示して居る。第 1 表は溫度に對する補正值である。

第 1 表 溫度に對する振れの補正率

溫度	振れ	補正率 $\left(\frac{40.5}{\text{振れ}}\right)$	溫度	振れ	補正率
100	40.5	1	400	41.1	0.9354
150	40.5	1	450	41.3	0.9806
200	40.5	1	500	41.4	0.9782
250	40.8	0.9926	550	41.5	0.9759
300	40.0	0.9878	600	41.5	0.9759
350	41.0	0.9879	650	41.5	0.9759

本實驗は大部分低溫度で補正率僅少なれば之を省略し 600°C 眞空加熱の場合に採用した。

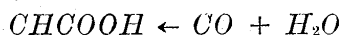
又試料の比重の差により電流計の振れは相違を生ずる。第 2 表は鞍山精鑛に就て實驗せる結果で重量に比例して居る。

第 2 表 試料の重量と電流計の振れ

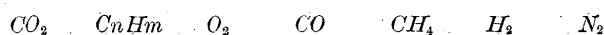
重 量	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
彈動電流計の振れ	40.5	46.2	51.9	57.6	63.2	68.9
差	—	5.7	11.4	17.1	22.7	28.4

以上の如く近似の試料を一定條件にて實驗し彈動電流計の振れを読み取つた。

還元瓦斯は H_2 石炭瓦斯及び CO 瓦斯の 3 種とした。 H_2 瓦斯はキツプ装置により作り石炭瓦斯は實驗室瓦斯を其儘用ひ CO 瓦斯は蟻酸を 100°C に於て濃硫酸による分解法により作つた。即ち



の反應によるものにして 600 cc フラスコに 300 cc 硫酸を取り湯煎浴にて加熱し 85% 濃度蟻酸を上部より滴下して分解して作られた CO を焦性沒食子酸及濃硫酸を通して洗滌し瓦斯の純度 98% を得た。石炭瓦斯の成分は次の如きものである。



2.2~3.0 3.3~4.8 0.1~1.0 9.1~11.2 2.8~3.1 4.5~4.7 8.0~9.0

H_2 瓦斯及び石炭瓦斯の通過量は洗滌瓶を通過する氣泡の數にて一定せしめ毎分 60 氣泡 (40 cc) とした。酸化には空氣を用ひ同様一定速度により流通せしめた。 CO 瓦斯は毎分 20 cc の割合にて通過せしめた。實驗中特に説明せぬ限りは是等の通過量とした。

4. 實驗 結 果

(a) 人工製 Fe_2O_3 の還元及び酸化

H_2 瓦斯による還元 :- 前述せる方法により H_2 瓦斯により人工製 Fe_2O_3 を還元し磁性を測定せる結果は第 3 表及び第 2 圖 2 に示す如く最初 250°C 迄は磁性の變化なく 260°C にて増加し始め 300°C~350°C にて急に増加して居る。350°C にて溫度を一定し還元を進むれば最初 5 秒間は磁性を増加するも以後は減少し約 40 分にて止み以後一定する。更に溫度を昇せば磁性を増し 400°C より冷却すれば II 曲線の如く最初直線的に減少し 200°C にて幾分増加し 150°C 以後は一定する。500°C より冷却すれば III 曲線の如くなり常溫迄磁性は遞減して居る。第 3 圖は 350°C 一定狀態にて充分還元後の冷却を示す。

石炭瓦斯による還元 :- 前同様の結果第 4 表及び第 4 圖に示す如く H_2 瓦斯の場合と同様に 250°C 附近より磁性を増加し始め 350°C に於ても亦同様の磁性を示し冷却も亦同一傾向を表はし常溫磁性も亦全く同様である。

CO 瓦斯による還元 :- 第 5 表及び第 5 圖に示す如く最初 150°C 迄は磁性の變化なく 180°C 附近より増加し初め 200°C より急激に増加する。250°C にて 2 時間還元する時は圖の如く一定する。冷却に於ては前兩者の如く 200°C 附近に於て磁性を増加する事なく常溫迄直線的に減少する。

此上還元により得たる試料の分析結果及び磁性は第 6 表の如きものである。

第 6 表 還元試料成分及び磁性

品 名	磁性	全鐵	金屬鐵	FeO	Fe_2O_3	Fe_3O_4
人工製 Fe_2O_3	0	69.06	—	—	98.73	—
同上 500°C 10 分 H_2 瓦斯還元	17.5	83.26	46.12	45.71	—	2.22
同上 350°C 100 分 400°C 10 分 H_2 瓦斯還元	16.0	72.89	0.47	4.13	—	95.65
同上 350°C 40 分 石炭瓦斯	17.4	72.07	1.00	0.11	—	98.09
同上 試料 200°C 180 分酸化	19.1	69.03	0.81	—	97.54	—
同上 250°C 90 分 CO 瓦斯	24.3	71.55	0.23	—	13.44	85.58

之等中 H_2 瓦斯 500°C 還元後の試料は常溫に於て空氣を通する時急激なる酸化を起して發熱し 350°C に昇る事を認めた H_2 瓦斯の過剰還元には多く此發熱酸化を伴ふ。然れども此酸化は直に止り而も磁性は酸化前と變化を示さぬ。 CO 瓦斯の場合には此發熱酸化の現象起らぬ。從て此酸化は磁性に關係なき不安定なる金屬鐵に近き低級酸化鐵の急激酸化と推理され普通の分析法にては決定し能はぬものと云ふ可きである。又 Fe_3O_4 以上に過剰還元を行

へる試料は却て其以下の低還元状態の試料に比し磁性は低い事を示して居る。

以上3種實驗にて人工製 Fe_2O_3 の還元磁化にて $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ の變化を起さしむるに H_2 瓦斯及び石炭瓦斯の場合は $250^\circ C$ 附近に始まり $350^\circ C$ に至て終る。 CO 瓦斯による時は還元容易にして $180^\circ C$ 附近より始まり $250^\circ C$ に終て居る。

還元試料の酸化：— 前掲實驗 H_2 瓦斯 $350^\circ C$ 還元試料 (第2圖参照) を空氣を流通し加熱酸化せしめ磁性を測定せる結果は第7表及び第6圖の如くなる。最初温度と共に磁性を増加し $250^\circ C$ にて最大となり $300^\circ C$ 迄變化なく次に減少を始め $300^\circ C$ 以後急激に減じ $550^\circ C$ に達する時は全然磁性を失ひ Fe_2O_3 の原試料と同一状態に復する。即ち此酸化により $Fe_3O_4 \rightarrow Fe_2O_3$ 變化に基くもので $100^\circ C$ 附近より始まり $200^\circ C$ にて盛に進み $250^\circ C$ にて終る事を示して居る。此變化は磁性を減する如く考へらるゝも然らず却て増加し終に最高に達し再び減少するに至る。之れ後節に考察する如く特殊低級酸化鐵は酸化して Fe_3O_4 に變じて磁性を増し更に全體の Fe_3O_4 は磁性 Fe_2O_3 となり磁性を失はざるためである。 $200^\circ C \sim 330^\circ C$ 間に於て此磁性 Fe_2O_3 は安定で $330^\circ C \sim 550^\circ C$ 間に於て階段的に非磁性に變じたものである。

石炭瓦斯還元試料の酸化の場合は全く H_2 瓦斯還元試料の場合と同一結果を得らるゝ。第4圖に示せる實驗にて $350^\circ C$ 還元試料の酸化は第8表及び第7圖の如き結果を得た。即ち酸化と共に $200^\circ C$ 迄磁性を増し $200^\circ C$ にて温度を一定に保てば最初若干減少するも後一定する。 $200^\circ C$ 酸化試料を冷却する時は圖に示す如く直線的に減少し常温に於ける磁性は酸化前に比し若干増加して居る。(第37表参照) 再び之を酸化加熱する時は直線的に磁性を増し $250^\circ C \sim 330^\circ C$ 間は一定し $330^\circ C$ 以後減少し $490^\circ C$ にて温度を一定に保てば時間と共に急に減少するも2時間に一定する。此場合の試料は尙少量の磁性を有し磁性部分を磁石により選別する時は全試料重量の $1/4$ に相當して居る。即ち磁性 Fe_2O_3 は温度に應じて遂次階段的に非磁性 Fe_2O_3 に變ずるも $550^\circ C$ 以下に於ては尙一部残留し得る事を示して居る。此場合は $330^\circ C$ 以上加熱速度大なりし事及び最高温度低かりし事が原因である。

同様に CO 瓦斯 $250^\circ C$ 還元による第5圖に示す試料を同様に酸化すれば第9表及び第8圖に示す如く $200^\circ C$ 迄

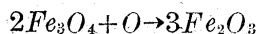
は温度上昇と共に磁性を増し $200^\circ C \sim 350^\circ C$ 間に一定し $350 \sim 500^\circ C$ 間に磁性を失ふて居る。此場合も亦前同様磁性 Fe_2O_3 の非磁性 Fe_2O_3 に移る變化は階段的である。

之等酸化により生ずる磁性 Fe_2O_3 は磁性の測定によりて判然區別され分析のみにては識別し能はぬものである。同様に酸素の増減量は必ずしも磁性の變化と一致せぬ。

熱天秤による酸化：— 熱天秤附屬加熱爐の上部に瓦斯抜穴を作り空氣の自然對流を盛にし酸化を行はしむる事とした還元試料及び天然產酸化鐵を1分間 $2^\circ C$ の割合にて加熱酸化し重量増加と温度とを測定し前掲せる酸化と磁性變化と對照し得た。第10表及び第9圖は人工製 Fe_2O_3 を CO 瓦斯を充せる燃焼管内にて $300^\circ C$ 1時間還元試料の酸化實驗結果である。圖に示せる如く $50^\circ C$ 迄は變化なく次に水分を失ふために減少し $110^\circ C$ より著しく重量を増加し温度と共に酸化の進行を示して居る。 $220^\circ C$ に於て一定すれば時間と共に急に重量を増加し次第に緩慢となる。此結果より見れば人工製 Fe_2O_3 還元試料は $220^\circ C$ に於て酸化完了し Fe_2O_3 に復する事を知り得る。勿論此酸化完了は加熱時間に關係あるは明かで $220^\circ C$ に於ては6時間以上を要せらるゝ。今此酸化前後の成分を示せば次の如きものである。

	Fe_2O_3	Fe_3O_4
300°C 1時間 CO 瓦斯還元試料	15.10	85.41
同上 試料 220°C 酸化後	86.25	14.39

次に鞍山精鑛を同様に酸化せる結果は第11表及び第10圖の如く $300^\circ C$ 附近より酸化始まり $500^\circ C$ より盛大となり $900^\circ C$ にて終了して居る。此實驗前後に於ける重量差は試料 $1gr$ につき $0.0322gr$ となり理論上



變化の増量に相當して居る。

次に黃梅山鐵鑛 $300^\circ C$ CO 瓦斯2時間還元試料に就き同様の酸化實驗を行へる結果は第12表及び第11圖に示せる如くなる。酸化開始は $250^\circ C$ 附近にて最初緩慢なるも $450^\circ C$ より盛となり $500^\circ C$ 附近最も著しい。 $500^\circ C$ に一定し長時間連續する時は圖に示す如く終に一定する。此酸化試料の成分を検するに Fe_2O_3 73.58% Fe_3O_4 20.65% である。即ち尙酸化は完了せざる事を示して居る他の實驗より推理すれば $700^\circ C$ 以上にて酸化は完了する事を云ひ得る。

之等の酸化實驗結果より明かなる如く天然產酸化鐵及び

人工製酸化鐵は其酸化進行に著しき相違ある事を知り得た鞍山精鑛は天然産磁鐵鑛及び赤鐵鑛の還元磁化を行へる磁鐵鑛にして酸化最も困難に黃梅山赤鐵鑛還元磁化試料は之に次で酸化され易く更に人工製 Fe_2O_3 の還元磁化試料は著しく容易で $220^\circ C$ に於て殆ど酸化完了して居る。

(b) 天然産 Fe_2O_3 の還元及び酸化

H_2 瓦斯還元 :- 黃梅山赤鐵鑛に對する實驗結果は第 13, 14, 15, 16, 17, 表及び第 12, 13, 14, 15, 16, 圖に示せる如きものである。第 12 圖は $350^\circ C$ 1½ 時間還元、第 13 圖は $350^\circ C$ 11 時間還元、同第 14 圖は $400^\circ C$ 1½ 時間、第 15 圖は $400^\circ C$ 4 時間 20 分、第 16 圖は $400^\circ C$ 11 時間還元である。之等の結果につき見るに何れも $250^\circ C$ 迄は磁性の變化なく $300^\circ C$ に於て増加し始め $350^\circ C$ より急激に増加し磁化反應の急激なる事を認むる。 $350^\circ C$ に於ては最初殆ど直線的に急激に増加し 1 時間 40 分頃より漸次緩慢となり 11 時間に達するも尙幾分増加を示して居る。 $400^\circ C$ 11 時間還元の場合も同様に増加し最後に於ても亦幾分の増加を示して居る。之れ後に述る如く $Fe_2O_3 \leftarrow Fe_3O_4$ 反應以上に $Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ の反應を伴ふがためである。

西鞍山赤鐵鑛を $400^\circ C$ 1½ 時間及び 3 時間還元の結果は第 18, 19 表及び第 17, 18 圖に示す如くなり前實驗と同様の傾を示して居る。但し瓦斯の通過量を稍々増加し毎分 80 氣泡となしたるため還元進行は著しくなつて居る。

以上 2 種實驗による還元試料の分析結果と磁性とを對照すれば第 20 表に示す如きものとなる。

第 20 表 赤鐵鑛 H_2 瓦斯還元試料成分と磁性

試料	全鐵	金屬鐵	FeO	Fe_2O_3	Fe_3O_4	磁性
黃梅山赤鐵鑛 $350^\circ C$ 90 分還元	69.75	0.47	—	54.87	42.75	11.1
" " " 680 分還元	71.79	1.31	7.56	—	89.84	26.5
" " " $400^\circ C$ 95 分還元	71.92	0.45	—	14.17	85.08	22.0
" " " 260 分還元	71.61	1.00	2.74	—	94.65	28.5
" " " 645 分還元	72.51	5.08	13.07	—	79.17	34.0
西鞍山赤鐵鑛 $400^\circ C$ 100 分還元	71.38	2.19	5.78	—	89.41	24.0
" " " 200 分還元	71.68	2.23	13.62	—	81.34	27.9

分析結果より見れば $350^\circ C$ 90 分及び $400^\circ C$ 90 分の場合は共に Fe_2O_3 を残し居るが他の場合は何れも FeO を有し過剰還元である。即ち Fe_3O_4 に達せざる低還元の場合も時間と共に $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ の反應進み終に過剰還元に移り 230 分以上に於ては FeO 及び金屬鐵を見出さるゝ事となる。 $350^\circ C$ 及び $400^\circ C$ にて長時間に亘り過剰還元する時は $Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ の如く進みて局部的に反應盛となり $Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ の如き状態にて留まらぬ事を示して

居る。即ち過還元のため磁性は減少せず僅少の増加を示す事となる。之等過還元試料を常溫に於て空氣を通じ酸化せしむる時は人工製 Fe_2O_3 の場合と同様に急激なる發熱酸化作用を起す。之れ金屬鐵に近き低級不安定酸化鐵の酸化によるもので磁性に關係を及さぬ。又低還元状態にて過剰の Fe_2O_3 を残す場合は Fe_3O_4 により磁性を得るゝが故に FeO を有する過還元の場合に比し必ずしも磁性は少くない。恐らく金屬鐵と Fe_3O_4 間の低級酸化物は著しく磁性を減殺するものと思はるゝ。

各溫度に於て還元せる試料を冷却する時は人工製 Fe_2O_3 の場合と同様に $200^\circ C$ 迄は直線的に磁性を減少し次に若干増加し $100^\circ C$ 以下は一定する。

石炭瓦斯還元 :- 西鞍山赤鐵鑛の實驗結果は第 21, 22 表及び第 19, 20 圖の如くなる。第 19 圖は $400^\circ C$ 還元、第 20 圖は $450^\circ C$ 還元である。何れの場合も $250^\circ C$ 迄は磁性の増加なく $300^\circ C$ 附近より増加し始め $300^\circ C \sim 400^\circ C$ にて急激に増加する。 $400^\circ C$ に一定し還元を續くる時は第 18 圖の場合の如く最初時間と共に増加し 2 時間にて止み次に一定となる。 $450^\circ C$ にては 40 分にて磁性の増加止み次に一定となる。還元試料の冷却に於ては H_2 瓦斯の場合と全く同様にて $250^\circ C$ 迄は直線的に減少し $200^\circ C$ より若干増加し $100^\circ C$ より一定となる。

CO 瓦斯還元 :- 西鞍山赤鐵鑛に就き行へる實驗結果は第 23, 24 表及び第 21, 第 22 圖の如くなる。 $250^\circ C$ 迄は磁性の増加なく $250^\circ C$ 附近より増加し始め $300^\circ C \sim 400^\circ C$ にて急激に増加する。第 21 圖に示す如く $350^\circ C$ にて一定し還元を續くる時は最初時間と共に急に磁性を増加するも 50 分にて止み次に 1 時 20 分間一定し 2 時 20 分後若干減少し再び一定し次に約 1 時 10 分間は變化なく更に 3 時間後に減少して居る。即ち $350^\circ C$ 長時間還元には磁性は若干階段的に減少して居る。 $400^\circ C$ 一定還元には於ても同様の現象を示して居る。第 22 圖に示す如く磁性の増加は 40 分間にて一定して居る。即ち前者に比し磁性の一定する時間短く約 40 分にて減少を起して居る。

還元後の冷却に當つては磁性の變化は H_2 瓦斯及び石炭瓦斯の場合と趣を異にして居る。第 21 圖に示す如く $350^\circ C$ 還元の場合には最初直線的に磁性を減少し $270^\circ C$ にて急に増加し一度静止し $180^\circ C$ 以下にて一定する。又第 22 圖に示す如く $400^\circ C$ 還元の場合には $270^\circ C$ より増加し $230^\circ C$ にて一定し $150^\circ C$ に達して再び増加し一定して

居る。即ち冷却に當り一度減少したる磁性は階段的に増して復舊して居る。

天然産 Fe_2O_3 の還元に當つては H_2 瓦斯及び石炭瓦斯の場合は共に同様の磁性増加を表はし $300^\circ C$ 附近より $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ の反應始り $300^\circ C \sim 400^\circ C$ に於て最も盛に進行し磁性を増加して居る。冷却の場合には兩者共に直線的に減少し $200^\circ C$ より再び増し $100^\circ C$ 以下一定する。 CO 瓦斯還元の場合は前二者の場合に比し磁化温度低く $250^\circ C$ 附近より始り $300^\circ C \sim 400^\circ C$ にて盛である。 $350^\circ C$ 及び $400^\circ C$ にて長時間還元を續くれば最初時間と共に磁性は増加するも終に一定し次々と階段的に若干減少して居る。又冷却に於ても最初は直線的に減少し $270^\circ C$ $150^\circ C$ に於て階段的に増加を示して居る。

還元試料の酸化：— 西鞍山赤鐵礦 $400^\circ C$ 200 分 H_2 瓦斯還元試料を人工製 Fe_2O_3 の場合と同様に酸化すれば第 25 表及び第 23 圖の如き結果となる。圖中 I 曲線は $400^\circ C$ 還元に対する磁性の増加を示し II 曲線は冷却に於ける變化である常溫に冷却せるものを酸化する場合は III 曲線の變化を示して居る。最初 $50^\circ C$ 附近迄は磁性の減少を示し $100^\circ C$ 附近より増加し始め $200^\circ C$ にて増加急激となる。 $200^\circ C$ にて一定に保てば約 $1\frac{1}{2}$ 時間にて磁性は一定する。更に温度を上昇する時は直線的に増し $300^\circ C$ に於て急に減少して居る。 $300^\circ C$ に温度を一定すれば點線の如く最初は時間と共に急に減少するも漸次緩慢となり約 2 時間にて一定する。此點より冷却する時は IV 曲線の如く直線的に減少する。更に温度を上昇する時は IV 曲線に沿ふて上り V 曲線の如く變化し $500^\circ C$ 迄は著しき減少がない。本實驗は過還元試料の酸化なるも低還元試料の場合に有ても後節に述べる如く類似の變化をなすものである。

西鞍山赤鐵礦 $450^\circ C$ 2 時間石炭瓦斯還元試料を酸化すれば第 26 表及び第 24 圖に示す如き結果となる。前實驗結果とよく類似し酸化により曲線 III に示す如く最初は磁性を減するも $100^\circ C$ より増加し始め $200^\circ C$ にて増加急激となり $200^\circ C$ にて温度を一定すれば終に磁性は一定する。此點より更に冷却する時は曲線 IV の如く直線的に減少し酸化前の冷却曲線 II の如く $200^\circ C$ に於ける増加を示さぬ。更に再び加熱する時は曲線 IV に沿ふて上り $300^\circ C$ に至り急に磁性を減する。此場合酸化による $200^\circ C$ に於ける増加量と $300^\circ C$ に於ける減量とは略同一値である。

西鞍山赤鐵礦 $350^\circ C$ 250 分間 CO 瓦斯還元試料を酸化せる結果は第 21 圖 A に示せる如くなる。圖中曲線 I は $350^\circ C$ 還元磁化を示し曲線 II は其冷却變化である。常溫に冷却せるものを次に酸化する場合は曲線 III の如き結果を得た。即ち最初 $50^\circ C$ 迄は曲線 II に沿ふて變化し $100^\circ C$ 附近より磁性を増加し始め $200^\circ C$ にて増加急激となる。 $200^\circ C$ にて一定すれば最初急に増加し 30 分にて一定する。 $200^\circ C$ より冷却する時は曲線 IV に沿ふて直線的に減少して居る。

以上 3 種瓦斯還元試料の酸化に於て H_2 瓦斯及び石炭瓦斯還元試料は同様の結果を示せるも CO 瓦斯還元試料の場合は $200^\circ C$ に於ける磁性の増加比較的少い。又何れの場合に於ても酸化により最初は還元後冷却曲線に沿ふて磁性減少し $100^\circ C$ 附近より増加し始め $200^\circ C$ にて増加急激となり温度を一定すれば最初は時間と共に増加するも終に一定する。更に温度を上昇する時は直線的に若干増加し $300^\circ C$ に達し急に磁性を減じ最後には一定し此以上温度を上昇し酸化するも磁性の減少は僅少である。勿論他の實驗より推理し $500^\circ C$ 以上に達する時は磁氣を失はしむる事が出来る。

以上各試料の分析結果は第 27 表の如きものとなる。

第 27 表 赤鐵礦の還元磁化後酸化試料成分及び磁性

試料	全鐵	金屬鐵	FeO	Fe_2O_3	Fe_3O_4 -磁性
西鞍山赤鐵礦	63.94	—	—	90.26	5.27 0.0
同上 $400^\circ C$ 160 分石炭瓦斯還元	71.18	1.64	14.97	—	80.02 27.4
同上 $450^\circ C$ 130 分 "	71.40	2.07	11.62	—	83.36 23.4
同上 還元後 $200^\circ C$ 200 分酸化	69.87	1.00	—	4.63	90.71 34.6
同上 $350^\circ C$ 250 分瓦斯還元	74.04	1.56	82.45	0	11.59 17.9
同上 還元後 $200^\circ C$ 120 分及び $250^\circ C$ 30 分酸化	71.01	1.25	53.54	0	38.89 20.6
同上 $400^\circ C$ 80 分 CO 瓦斯還元	71.72	1.42	27.40	0	67.75 22.3
同上 $400^\circ C$ 200 分 H_2 瓦斯還元	71.68	2.23	13.62	0	81.34 27.9
同上 還元後 $200^\circ C$ 120 分酸化	71.63	2.22	0	3.31	92.79 34.3
同上 酸化後 $300^\circ C$ 120 分加熱	71.63	1.06	0	17.63	80.85 22.0

(c) 天然産 Fe_2O_3 , Fe_3O_4 及び還元磁化試料の加熱

黃梅山赤鐵礦の加熱：— 還元及び酸化の場合と全く同一方法により空氣氣流中及び眞空中にて加熱し磁性の變化を測定せる結果は $700^\circ C$ 以下に於て赤鐵礦は磁性を示さず變化を認められぬ、 $700^\circ C$ 以上に加熱し冷却されたる試料は微弱磁性を表はせども本裝置に於ては測定し能はぬ程度である。

鞍山精鐵礦の加熱：— 靜止せる常壓空氣中、眞空中及び空氣氣流中にて加熱せる結果は第 25, 26, 27 圖の如くなる。

第 25, 26 圖は空氣中及び眞空中加熱の場合で同一結果を得た。磁性は最初直線的に若干減少を起し溫度上昇と共に減少盛になり 550°C より急に減じ 600°C に於て磁性を失ひ其以上は非磁性 Fe_3O_4 となる。冷却に際しては可逆的に磁性を回復され常溫に於ては加熱前と同一磁性となる。空氣氣流を通じて酸化する場合には第 27 に示す如く 650°C 迄の加熱に於ては 250°C 迄は前同様の變化なるも 250°C より酸化進み急に磁性を減じ以後圖の如く溫度と共に減じ 550°C にて急激に下り 600°C にて全く失ふ。冷却に於ては最初は可逆的に磁性を回復さるゝも 550°C より一定して常溫に復する。前實驗と同様酸化により一部は $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ にて Fe_2O_3 を生ぜるため冷却にては殘留せる Fe_3O_4 の磁性を示せるものである。

本溪湖磁鐵鑛の加熱 :- 前同様に行へる結果は第 28, 29 表及び第 28, 29 圖に示す如きもので鞍山精鑛と同様の現象が認めらるゝ。

天然産 Fe_2O_3 還元試料加熱 :- 黃梅山赤鐵鑛 400°C 4 時間 H_2 瓦斯還元試料を眞空加熱し磁性の變化を測定すれば第 30 表及び第 30 圖の如き結果を得た。此場合には酸化と區別するため嚴重なる眞空に保つ事とした。最初磁性を減少し 250°C より増加し始め 530°C に於て最大となり以後急に減少し 600°C に於て磁性を失ふ。冷却に於ては最初可逆的に磁性を回復し 580°C にては加熱前以上となり終に最高を示し常溫に於て増加を示して居る。以上實驗は Fe_3O_4 以上に還元せる過還元試料の場合なるも低還元試料の場合は第 31 表及び第 31 圖の如き結果となる。圖中曲線 I は 400°C 90 分間 H_2 瓦斯還元試料の場合、同曲線 II は 350°C 90 分間 H_2 瓦斯還元試料の場合である。何れも最初は磁性を減じ 250°C にて増加し始め 500°C 附近より急激に減じ 600°C にて全く失ふ。冷却に於ても類似の結果で最初は可逆的に磁性を回復し更に増加し終に一定する。又同様に常溫に於ては加熱前に比し著しく磁性の増加を示して居る。

以上 2 種實驗に於て過還元試料の場合は低還元試料に比し加熱による磁性の増加量著しく多い。即ち赤鐵鑛の H_2 瓦斯還元試料を眞空加熱する時は還元度に關係なく磁性を増加して居る。

西鞍山赤鐵鑛 400°C 3 時間 H_2 瓦斯還元試料を同様に眞空加熱する場合と還元試料の 200°C 酸化後同様加熱せる場合とを比較すれば第 33, 34 表及び第 32 圖の如き結

果を得た。圖中曲線 I は還元試料の加熱で曲線 II は還元試料酸化後の加熱である。曲線 I は前掲實驗と同一結果を示して居る。同 II は最初直線的に磁性を増加し 300°C より磁性を減少し 400°C 以後一定し更に 500°C より減少を始め 550°C に至り急激に減じ 600°C に於て非磁性となる。冷却に有ては先づ可逆的に磁性回復され次に最高點を示して一定する。

常溫に於ける磁性は同様増加して居る。即ち此場合には 1 回 200°C 酸化處理により常溫磁性を増して居る。本實驗に於て加熱溫度を 500°C 迄にし以後冷却する時は還元試料は曲線 I に沿ふて變化し同様の常溫磁性を示して居る。還元後酸化試料に有ては點線の如く變化し常溫に於ては同一磁性を示して居る。即ち 500°C 加熱に於ては磁性の變化を起さぬ事を示して居る。

5. 實驗結果の考察

以上多數の實驗結果を整頓し推理を加へて考察すれば次の如くなる。

還元による磁化の難易 :- 人工製 Fe_2O_3 は非結晶質にして微細粉末となり且つ化合物の除去等により瓦斯及び熱に對する反應容易である。天然産 Fe_2O_3 は物理的條件著しく相違せるため還元反應比較的困難である。人工製 Fe_2O_3 を H_2 瓦斯及び石炭瓦斯にて還元する時は 250°C より $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ の變化を生じ磁性を増し $300^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ に於て盛大である。西鞍山及び黃梅山赤鐵鑛を同様瓦斯還元にあつては 300°C より始り $350^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ に於て最も盛である。第 2, 3, 17, 18, 19, 20 圖に示す如く磁性の増加は顯著である。而して石炭瓦斯による還元は H_2 瓦斯の場合と常に同一傾向にあるは石炭瓦斯中に多量の H_2 を含み居り CO の含量少く又炭化水素の分解溫度以下にある等のため H_2 同様の反應を行ひしものである。從て寧ろ濃厚なる水素瓦斯を使用する事を有利と云ひ得る。次に CO 瓦斯により還元する場合には人工製 Fe_2O_3 にあつては 180°C , 天然産 Fe_2O_3 にては 250°C より反應進行して磁性を増加し前者は 250°C にて盛に進行し後者は $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ に於て盛に進んで居る。第 4, 21, 22 圖に示す如きものである。

H_2 瓦斯及び CO 瓦斯を比較するに CO 瓦斯は還元開始溫度 H_2 瓦斯に比し約 50°C 低く。人工試料の場合は磁性増加著しく天然試料の場合は比較的劣る。 H_2 瓦斯は $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}$ の如き反應部分的に進み金屬鐵に移り

易く CO 瓦斯の場合には $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ の反應の完了に進む傾向を示して居る。之れ前者は還元と共に H_2O を生じ其酸化作用と平衡し FeO の存在困難に進み部分的還元條件にて金屬鐵を残すものと推理さる。500°C 10 分間 H_2 還元の場合には金屬鐵 46.12%、 FeO 45.71%、 Fe_3O_4 2.21% の如き過剰還元結果となつて居る。換言すれば試料粒の表面に對する還元進行著しき事を云ひ得る。勿論此場合には Fe_3O_4 以下 Fe に近き低級酸化物を生ずる事は推理し得るがため還元後常溫に於て急激發熱酸化を起すは之等過剰還元に於ける不安定低級酸化物に源因するものである。著者等の實驗より推理する時は H_2 瓦斯還元により生ずる FeO は Fe に近き不安定低級酸化鐵の常溫酸化により生ずるものと云ひ得る。かくの如き H_2 瓦斯による還元磁化の結果は還元反應進行し金屬鐵を得らるゝ割合に磁性は増加して居らぬ。即ち金屬鐵の増加に拘らず Fe_3O_4 の存在範圍せまく非磁性低級酸化鐵を出すためである。 Fe_3O_4 、 FeO 、 Fe は相互間に固溶體を形成し得ると考ふる時は本實驗の如く全體として表はす磁性は遊離物及び固溶體の表はす磁性の合計結果となる可きである。従て金屬鐵は單獨の磁性を表はさず非磁性物酸化鐵と固溶體となり磁性を減ずるものであらう。

又 CO 瓦斯還元の場合は金屬鐵に進む反應は比較的痴鈍である。350°C 250 分還元試料は FeO 82.45% Fe_3O_4 11.59%、同 400°C 40 分間還元試料は FeO 27.4% Fe_3O_4 67.75% を示して居る。第 21, 22 圖に示す如く比較的磁性は増加して居らぬ。350°C に長時間還元する時反應は進み過剰還元となり磁性は階段的に減少して居る。即ち 350°C 50 分間後に一定し少量減じて再び一定する。之等の現象は CO 瓦斯の場合に限るもので過剰の FeO を多く存在する場合に起るものである。 H_2 瓦斯の場合の如く直接金屬鐵に還元さるゝ事は CO 瓦斯の場合には少きも此過剰 FeO を得らるゝ事は特長である。岩瀬氏の述べられた $Fe_3O_4-FeO-CO$ 系平衡論より推理さるゝ如く FeO は Fe_3O_4 中に固溶態として存在する事を推理し得る。即ち CO の分解により C の存在する間は Fe_3O_4 と FeO とは固溶態を形成し得るとの理論を本實驗に適用する時 FeO の一部は固溶態に於て存する事を云ひ得る。 Fe_3O_4 中に固溶態として FeO の少量存在する場合は磁性の變化なきものとすれば前掲せる磁性の階段的減少は固溶態 FeO の飽和限界と考へ得る。即ち還元の進行するに係らず磁

性一定なるは FeO は Fe_3O_4 に溶解され同一磁性を表はし更に還元進む時は FeO の量増し飽和點以上となり遊離狀態として一部存在し磁性を階段的に減少すると考ふる事を得る。

一般に H_2 瓦斯還元の場合は CO 瓦斯に比し磁化開始溫度は若干高きも比較的磁性の高き酸化鐵を得易い。

還元試料の冷却 :- 天然産 Fe_2O_3 の H_2 瓦斯、石炭瓦斯及び CO 瓦斯還元試料を冷却する場合には何れの場合に有ても磁性は最初直線的に減少するも H_2 瓦斯還元試料は 200°C ~ 100°C 又 CO 瓦斯還元有ては 270°C に達する時は若干の増加を起して常溫に至る。第 2, 3, 4, 12, 14, 19, 21-II, 22 圖等に示す如くなる。然るに還元試料を 200°C に於て酸化せる後冷却する時磁性は直線的に減じて居る。第 21-IV, 23, 24 圖に示す如くなる。又人工製 Fe_2O_3 250°C CO 瓦斯還元試料の場合は冷却に當つては直線的に磁性を減少して居る。第 5 圖に示す如くなる。

此現象は還元により生ずる酸化鐵に原因せる事を推理し得る。 Fe_2O_3 の還元に當り FeO 又は其前後の低級酸化鐵及び金屬鐵を生じ之等酸化鐵中には冷却の間に磁性の變化を起すものと然らざるものと有る事を推理し得る。高溫度に於て Fe_3O_4 中に溶解せる FeO が 200°C 附近にて分離し其磁性を示すと考ふる時は最も合理的である。酸化法により低級酸化鐵を Fe_2O_3 に變じた場合には勿論此變化は起り得ない。天然産 Fe_2O_3 の還元の場合は容易に遊離又は固溶態狀の FeO を得らるゝため 200°C 變化を得らるゝ。人工製 Fe_2O_3 250°C CO 瓦斯還元の場合には還元溫度低きため Fe_3O_4 狀態迄の還元に残り FeO を含む事なく冷却に當り此變化を示して居らぬ。

磁性及び非磁性 Fe_2O_3 :- Fe_2O_3 は一般に非磁性なるも人工製 Fe_3O_4 を 200°C 附近にて酸化して得らるゝ Fe_2O_3 は磁性を示す。又水溶液より沈澱により得らるゝ $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ の加熱により得らるゝ Fe_2O_3 は磁性を示す。之れ前掲せる Bandish 氏 William 氏 Thewlis 氏等の實驗結果で Fe_3O_4 の結晶系と同一なる立方形に鐵原子の配列せる場合は磁性を示すものである。此事實は本實驗の場合にも多くの例を表して居る。人工製 Fe_2O_3 の H_2 瓦斯、石炭瓦斯及び CO 瓦斯還元試料を酸化する時何れの場合も磁性は減少せず却て増加して居る。第 6, 7, 21, 23, 24 圖に示す如くなる。熱天秤により酸化の進行を測定せる結果と對照し明かなる如く人工製 Fe_2O_3 の還元により得ら

る、 Fe_3O_4 は $220^\circ C$ に於て酸化完了する。又 $220^\circ C$ の酸化により得らる、 Fe_2O_3 は磁性の變化なく更に温度を上し $330^\circ C$ に達する時磁性を失ひ始め $550^\circ C$ に於て非磁性に變じて居る。第 8 圖に示す如く CO 瓦斯還元試料の場合にも同様 $350\sim 500^\circ C$ の間に非磁性に變じて居る。即ち Fe_3O_4 と同様磁性を表す cubic Fe_2O_3 は $300\sim 550^\circ C$ に於て逐次 Rhombohedral Fe_2O_3 に變ぜる事を認め得る。従て冷却に於ては全然非磁性 Fe_2O_3 の本質となる。

天然産 Fe_2O_3 の還元試料の酸化に於ては趣を異にして居る。 H_2 瓦斯、石炭瓦斯及び CO 瓦斯還元等何れの場合にも磁性は $200^\circ C$ 酸化により増加し次に殆ど一定し $300^\circ C$ に至り急に減少し其以後に著しく減少せぬ。磁性の増加は人工製 Fe_2O_3 の場合も同様で低級酸化鐵の酸化により Fe_3O_4 を得たるためである。人工製 Fe_2O_3 還元試料の酸化に於ては還元後の Fe_3O_4 、酸化による Fe_2O_4 共に磁性 Fe_2O_3 に移つて居る。天然産 Fe_2O_3 の還元試料酸化の場合は酸化により得らる、 Fe_3O_4 は $200\sim 300^\circ C$ にて磁性 Fe_2O_3 として存在し $300^\circ C$ にて非磁性 Fe_2O_3 に變ずる。還元により得られた Fe_3O_4 は $200^\circ C$ 附近にて酸化されず $300^\circ C$ 以上にて若干酸化さるゝも著しからず $500^\circ C$ 以上にて酸化され非磁性 Fe_2O_3 に移る。第 23 圖曲線 IV に示せる如く Fe_3O_4 は直線的に冷却と共に磁性を變じ加熱に當ては再び同一線上に沿ふて磁性は變化し $300^\circ C$ 以上にて酸化を起すと同時に減じて居る。此状態は天然産 Fe_2O_4 の酸化加熱と磁性及び熱天秤による酸化によりて同様に説明さるゝ。即ち磁性 Fe_2O_3 の現象は人工製 Fe_2O_3 還元試料の場合に $220\sim 350^\circ C$ 間に顯著で天然産 Fe_2O_3 還元試料の場合には $200\sim 300^\circ C$ の如き範圍に少量認めらるゝ又天然産 Fe_3O_4 の場合には全然作り得ぬ。磁性 $Fe_2O_3 \rightarrow$ 非磁性 Fe_2O_3 の變化は人工製 Fe_2O_3 還元試料の場合には最も顯著で $350\sim 500^\circ C$ 又は $330\sim 550^\circ C$ を明に示し天然産 Fe_2O_3 還元試料の場合は $300^\circ C$ にて起るも其量が少い。

天然産 Fe_2O_3 の H_2 瓦斯還元試料の酸化に於ける分析成分の變化は第 27 表 (過還元の場合) 及び第 35 表の如くなる。

第 35 表 天然産 Fe_2O_3 還元試料酸化結果と磁性

所 理	全鐵	金屬鐵	Fe_2O_3	Fe_3O_4	磁性
400°C 1 時間半 H_2 瓦斯還元	71.92	0.45	14.17	85.08	22.0
同上 200°C 1 時間半酸化	71.13	0.45	27.07	71.52	24.5
同上 處理後 250°C 3 時間酸化	70.81	0.34	31.97	66.54	27.2

之等分析結果は前掲せる如く凡て FeO , Fe_2O_3 を結び付けて Fe_3O_4 と考へたるもので實際は必ずしも單純にかくの如き結果と限らず FeO に近き低級酸化鐵を生ぜる場合及び相互間に固溶態となす場合及び遊離せる場合等ありて複雑し其合併せる結果が磁性として表はれて居る。人工製 Fe_2O_3 は還元及び酸化共に天然産 Fe_2O_3 に比し容易である。即ち人工製の場合は明瞭に磁性 Fe_2O_3 を示すも天然産の場合は顯著でない。酸化に於ける $200^\circ C$ に於ける磁性の増加や $300^\circ C$ に於ける減少は局部的に磁性 Fe_2O_3 を示すものである。

磁性 Fe_2O_3 は人工製試料にて $Fe_3O_4 \rightarrow Fe_2O_3$ により得らるゝを原則とするも低級酸化鐵の酸化によりても亦得られた。而も此低級酸化鐵は還元後の冷却に於て $200^\circ C$ 附近に於て磁氣の變化を起す試料と一致して居るが故に前に固溶態より分離すると考へたものである。冷却に於て直線的に磁性を變ずる試料に有ては此磁性の増加を示さぬ。

以上の結果より見れば人工製 Fe_2O_3 及び天然産 Fe_2O_3 共に磁化後の酸化に於て $300^\circ C$ 以下の温度迄は磁性を増加する事多く減少はせぬ事を云ひ得る。特に天然産 Fe_2O_3 の場合は $500^\circ C$ に達するも尙磁性を著しく残して居る。

天然産 Fe_3O_4 を酸化加熱する時は $250^\circ C$ より酸化し始め同様に磁性を減少するも酸化遅々として進まず $500^\circ C$ に達して稍々著しきも $600^\circ C$ 以上に達せざれば完全に非磁性 Fe_2O_3 に移らぬ。又此場合には磁性 Fe_2O_3 を生ぜぬ

加熱と磁性變化 :- 還元磁化試料を真空中に於て加熱する時は常に若干の磁性を増加して居る。第 30, 31 圖に示す如く $500^\circ C$ 附近より磁性を急に減じ $600^\circ C$ に至れば全然失ふに至るも冷却に當り可逆的に同一曲線にて回復し最後は加熱時以上の磁性を得らるゝ。此場合には分析に表はるゝ結果は著しき差異を認め得る。第 36 表は加熱前後の成分と磁性の結果である。

第 36 表 真空加熱前後試料成分と磁性

所 理	全鐵	金屬鐵	FeO	Fe_2O_3	Fe_3O_4	磁性
黃梅山赤鐵礦 400°C 1 時間半還元	71.92	0.45	0	14.13	85.08	23.0
同上 真空 600°C 加熱	71.90	0.27	0	13.54	85.91	38.1
黃梅山赤鐵礦 400°C 4 時間還元	71.71	0.87	1.53	0	96.26	26.0
同上 真空 600°C 加熱	71.79	0.20	0.24	0	98.68	44.2
西鞍山赤鐵礦 400°C 3 時間還元試料	71.68	2.22	0	3.31	92.79	33.2
同上 200°C 2 時間酸化						
同上 真空 600°C 加熱	71.46	0.61	3.76	0	93.88	41.7

之等の結果は何れも著しく磁性を増加して居る。微細なる酸化作用は絶対に起らずとは云ひ難きも磁性の増加は酸

化として説明し能はぬ、著者等は前述し來れる推理に基き FeO に接近せる不安定低級酸化鐵は $550^{\circ}C$ 以上の加熱により酸素の配列を安定にし磁性酸化鐵の最大成分に變じたものと推理する。加熱溫度 $500^{\circ}C$ 以下に於ては磁性の増加を來さぬ點より見れば一定溫度により内部構造の變化を生ずる事を云ひ得る。眞空加熱により急激なる磁性の減少は Fe_3O_4 の有する特性で次に述べんとす。

Fe_3O_4 の磁氣變態:-天然產磁鐵礦を眞空加熱すれば第 26, 28 圖に示す如く $550^{\circ}C$ より急に磁性を減少し $600^{\circ}C$ に於て全く失ひ更に之を冷却する時は同一曲線に沿ふて可逆的に回復し常溫に於ては若干の増加を示して居る。又天然產磁鐵礦の酸化加熱に於ても酸化により $Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ と共に磁性を減すれども此酸化は低溫度に於ては進行

少く残留せる Fe_3O_4 は同様に $550^{\circ}C$ より急激なる磁性消失となり $600^{\circ}C$ に於て前同様消失し冷却に於ては可逆的に回復し残留 Fe_3O_4 に相當して常溫磁性を示して居る還元磁化試料の眞空加熱に於ても第 30 圖に示す如く $550 \sim 600^{\circ}C$ の變化を示して居る。即ち Fe_3O_4 は一定溫度に於て磁氣の可逆的現象を示すものである。此現象は純鐵の場合に $790^{\circ}C$ に起る磁氣變化と全く同様な磁氣變態と云ひ得る T. Okamura 氏は Fe_3O_4 は $-162^{\circ}C$ に於て磁氣及び熱膨脹の可逆的急變をなす事を決定し α, β の同素變態と主張されて居る。 Fe_3O_4 の表す此 $600^{\circ}C$ 變化が同素變態なるか否は本實驗にては斷定し難きも少くとも磁氣の變態として考ふるに差支なきと信ぜらる。同素變態に關しては一層精密なる測定による可きである。

第 37 表 各種實驗磁性比較

品 名	磁性		全鐵	金屬鐵	FeO	Fe_2O_3	Fe_3O_4
	測 定	重量補正					
人工製 Fe_2O_3 $350^{\circ}C$ 100 分、 $400^{\circ}C$ 10 分 H_2 瓦斯還元	16.0	40.3	72.89	0.47	4.13	—	95.65
同 上 $350^{\circ}C$ 40 分 石炭瓦斯還元	17.4	41.5	72.07	1.0	0.11	—	98.09
同 上 還元試料 $200^{\circ}C$ 180 分酸化	19.1	43.7	69.03	0.81	—	97.54	—
同 上 $250^{\circ}C$ 90 分 CO 瓦斯還元	24.3	58.6	71.55	0.23	—	13.43	85.58
黃梅山赤鐵礦 $350^{\circ}C$ 90 分 H_2 瓦斯還元	11.1	10.8	69.75	0.47	—	54.87	42.75
同 上 還元試料 $650^{\circ}C$ 眞空加熱	15.5	18.7	70.83	0.38	—	54.23	44.94
同 上 $350^{\circ}C$ 680 分 H_2 瓦斯還元	26.5	26.2	71.79	1.31	7.56	—	89.84
同 上 $400^{\circ}C$ 95 分 H_2 瓦斯還元	22.0	21.6	71.92	0.45	—	14.17	85.03
同 上 $400^{\circ}C$ 95 分 H_2 瓦斯還元試料 $206^{\circ}C$ 100 分酸化	24.5	24.0	71.13	0.45	—	27.07	71.52
同 上 還元酸化試料 $250^{\circ}C$ 180 分 酸化	27.2	26.8	70.81	0.34	—	31.91	66.54
同 上 $400^{\circ}C$ 95 分 H_2 瓦斯還元試料 $650^{\circ}C$ 眞空加熱	38.1	37.4	71.90	0.27	—	13.54	85.91
同 上 $400^{\circ}C$ 260 分 H_2 瓦斯還元	28.5	28.4	71.61	1.00	2.74	—	94.65
同 上 $400^{\circ}C$ 645 分 H_2 瓦斯還元	34.0	34.2	72.51	5.08	13.07	—	79.15
同 上 $400^{\circ}C$ 240 分 H_2 瓦斯還元	26.0	28.2	71.71	0.87	1.53	—	96.26
同 上 還元試料 $650^{\circ}C$ 眞空加熱	44.2	47.9	71.79	0.20	0.24	—	98.63
西鞍山赤鐵礦 $400^{\circ}C$ 100 分 H_2 瓦斯還元	24.0	27.1	71.33	2.19	5.78	—	89.41
同 上 $400^{\circ}C$ 200 分 H_2 瓦斯還元	27.9	32.0	71.68	2.23	13.62	—	81.34
同 上 $400^{\circ}C$ 200 分 H_2 瓦斯還元 試料 $200^{\circ}C$ 120 分酸化	34.3	39.2	71.68	2.22	—	3.31	92.79
同 上 還元酸化試料 $150^{\circ}C$ 眞空加熱	41.7	47.7	71.46	0.61	3.76	—	93.83
西鞍山赤鐵礦 $400^{\circ}C$ 200 分 H_2 瓦斯還元試料 $200^{\circ}C$ 120 分酸化後 $300^{\circ}C$ 120 分酸化	22.0	25.3	71.68	1.06	—	17.98	80.85
同 上 $400^{\circ}C$ 160 分 石炭瓦斯還元	27.4	31.4	71.18	1.64	14.97	—	80.02
同 上 $450^{\circ}C$ 130 分 石炭瓦斯還元	28.4	32.1	71.40	2.07	11.62	—	83.36
同 上 還元試料 $200^{\circ}C$ 200 分 酸化	34.6	39.1	69.87	1.00	—	4.63	90.71
同 上 $350^{\circ}C$ 250 分 CO 瓦斯還元	17.9	21.3	74.04	1.56	82.45	—	11.59
同 上 還元試料 $200^{\circ}C$ 120 分及び $250^{\circ}C$ 30 分酸化	20.6	23.6	71.01	1.25	53.54	—	38.89
同 上 $400^{\circ}C$ 80 分 CO 瓦斯還元	22.3	25.8	71.72	1.42	27.40	—	67.75
本溪湖磁鐵礦常溫	72.6	78.4	71.54	—	—	0.19	98.68
同 上 $650^{\circ}C$ 眞空加熱	76.5	82.7	—	—	—	—	—
鞍山精鐵常溫	67.2	72.6	71.95	—	—	0.23	99.21
同 上 $650^{\circ}C$ 眞空加熱	69.9	75.5	—	—	—	—	—

備 考 重量補正は試料重量を 7.8 gr とした。

過還元及び低還元 :- $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ の如き還元磁化を基とし $Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ の如く Fe_3O_4 以上に過剰還元の場合を過還元と名付け Fe_3O_4 以下に留る不足還元を低還元と名付けて取扱ひ來つた。此兩者を綜合するに還元磁化に於ては天然産 Fe_3O_4 の示す磁性に達し難き點より推理する時は如何なる場合も完全に Fe_3O_4 を得られぬ事を示して居る。分析に表はるゝ FeO は天然磁鐵礦の場合と還元磁化試料の場合とは趣を異にし磁性の意味複雑する。天然礦石の場合には FeO の量に應じて磁性は増加し Fe_3O_4 に達して最大値を得らるゝも還元試料に有ては必ずしも然らず。即ち單純に分析結果により得らるゝ FeO の量により磁性が變化すると限らぬ場合がある。實際に Fe_3O_4 を形成し特有の磁性を表す如き FeO と別に磁性を増加せざる FeO 又は類似の低級酸化鐵を得るがためである。一般に推理する時は過還元に於ては $FeO \rightarrow Fe$ の反應進む場合には FeO により磁性は減ず可きも金屬鐵により増加され合併せる結果として磁性を逐次増加する。 FeO 又は類似の低級酸化鐵を主として生ずる場合は磁性の最大値を示し以下漸次減少する。低還元状態に有ても生じたる FeO が Fe_3O_4 を完全に形成する場合は磁性著しく増加する、反對に FeO が遊離状態に有ては磁性は著しく増加し得ぬ。低還元に於ては磁性は規則的に増し易く過還元は不規則なる結果を示す。即ち FeO 又は類似低級酸化鐵は化合状態、固溶態及び遊離状態の3種の形態を推理し得、化合の場合は直接磁性を増加し、固溶態に有ては變化なく、遊離状態にては Fe_3O_4 の磁性を減ずるに至る。從て還元磁化に於ては天然 Fe_3O_4 と同一磁性を得る事は困難となる。

過還元及び低還元共に分析結果により直に磁性を推理するは困難なるも一般に低還元に於ては最も有利に磁化結果を得らるゝ。

各種實驗磁性比較 :- 前述せる各種實驗結果の表に示せる比較磁性値に就き試料重量補正を行ひ第 37 表に綜合した。

6. 總 括

本實驗の結果を簡単に綜括すれば次の如くなる。

- 1) 酸化鐵の磁性を決定するに彈動電流計を用ひた。
- 2) 磁氣の強さに比例する電流計のスケールの振れを以て磁性とし多數の實驗を繰返した。
- 3) 純粹に近き天然産赤鐵礦、磁鐵礦及び沈澱法により作られた Fe_2O_3 を試料として還元磁化、空中酸化、真空

中加熱、加熱及冷却等の間に生ずる磁性の變化を測定した

4) 還元磁化の目的として H_2 瓦斯、石炭瓦斯及び CO 瓦斯を用ひた。

5) 人工製 Fe_2O_3 は磁化著しく容易で $350^\circ C$ にて最高磁性に達せしめ得る。

6) 天然産 Fe_2O_3 は磁化稍々後るゝも $400^\circ C$ にて最高磁性に達せしめ得る。

7) H_2 瓦斯は石炭瓦斯と全く同一磁化反應を示し磁化開始溫度人工製 Fe_2O_3 にて $250^\circ C$ 天然産 Fe_2O_3 にて $300^\circ C$ である。

8) CO 瓦斯は磁化開始溫度 H_2 瓦斯に比し $50^\circ C$ 低く人工製 Fe_2O_3 の場合には $180^\circ C$ 天然産 Fe_2O_3 の場合 $250^\circ C$ である。

9) H_2 瓦斯還元磁化に於ては部分的に $Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ の反應起り易く CO 瓦斯の場合は $Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ 反應の完了に進み易い。此結果前者は後者より高磁性を得らるゝ。

10) 還元試料の冷却に於ては磁性を直線的に減少する場合と曲線をなし若干増加する場合とを生ずる。後者の場合には低温酸化により磁性を増加し得る。低還元の場合には一般に低温酸化により磁性を増加する。

11) 磁化試料の $200^\circ C$ 附近酸化により磁氣を増加する場合多く減ずる場合はない。 $300^\circ C$ 以上に於ける酸化に於ては一般に磁性を失ふ。天然産 Fe_3O_4 の酸化に於ては $250^\circ C$ より減少するも緩慢である。熱天秤により酸化の進行を決定し得た。

12) 人工製 Fe_2O_3 に於ては磁性 Fe_2O_3 を容易に作り得るも天然産 Fe_2O_3 に有ては少部分の磁性 Fe_2O_3 を生ずるに留まる。天然産 Fe_3O_4 よりは全然作り得ぬ。即ち Fe_2O_3 の還元磁化試料を $200 \sim 220^\circ C$ 酸化により $Fe_3O_4 \rightarrow$ 磁性 Fe_2O_3 の變化を生ず。

13) 磁性 $Fe_2O_3 \rightarrow$ 非磁性 Fe_2O_3 の變化は $330^\circ C \sim 550^\circ C$ に於て起る。

14) 還元磁化試料を真空中にて $600^\circ C$ 以上の溫度に於て加熱を行ふ時は常に磁性を増加する。

15) Fe_3O_4 は $600^\circ C$ に於て磁氣變態を表す事を決定した。

16) 以上の如き諸種の現象を夫々磁性溫度の曲線により説明し酸化鐵の固溶態、遊離状態、安定化合態、磁性の階段的變化、酸化鐵の結晶配列等に関して推理を試みた。

擦筆に當り天然産試料の寄贈を受けたる鞍山製鐵所及び

本溪湖煤鐵公司に對し謝意を表し又人工製 Fe_2O_3 の調製に當り指導と便宜とを垂れられた吉村倫之助氏に對し深厚の感謝を捧ぐる。

○27番(金子恭輔君) 一寸伺ひますが、其磁性を $300^\circ C$ で少し置いたと云ふ御説明でございませう。

○長谷川熊彦君 さうです、(以下圖示) 此處の圖で一吋下がります此處で溫度を上げますと、實際はもう少し是がカーブになつて、ずつと溫度を連續して上げますと斯う云ふ風になるのです。

○27番(金子恭輔君) さうすると長く保つて居ると磁性の値が違つて來る譯ですか。

○長谷川熊彦君 其溫度に於て保つた値は變る譯です、此處の溫度で保つた場合は、是はカーブに現はして居りませぬけれども、此溫度で保つと此處まで下がります、今度又上げますと又是まで下がります、それで此溫度でやれば、其下がり方が少しこちらと大分違つて來て居ります、無論是は此カーブで現はしましたやうに時間的に斯う來たのですから、是より少なればこちらになります、それから外の溫度は是から先きは、もう此カーブを保つて置かぬとうまくないので兩方一緒にしたのであります。

○27番(金子恭輔君) さうしますと、緩つくり上げますと、實驗の結果は段々になりますか。

○長谷川熊彦君 左様であります、つまり其溫度に依つて多少實驗が違ふ譯であります、斯様に段々になる譯であります、それで此

場合でも矢張り此溫度で $300^\circ C$ で始めて $300^\circ C$ で保つた場合には此處まで參ります、 $350^\circ C$ で此處が $350^\circ C$ で一定の溫度を保ちますとそれが一定しますまで上がつて行く、是は時間的に申せば、10分間此處まで上げて見ますと斯う云ふカーブをなすのであります。

○27番(金子恭輔君) もう一つ伺ひたいのでございませう、さうすると其圖の 27 と 28 とのカーブは對になつて居るのですか。

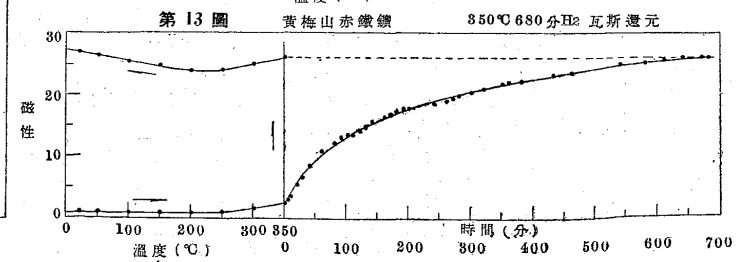
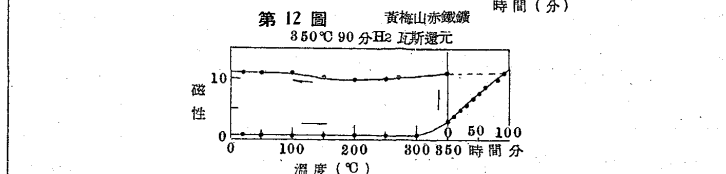
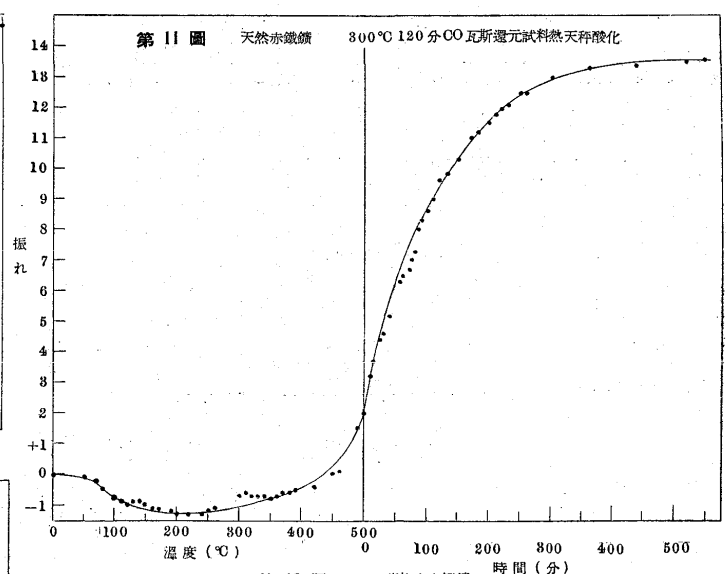
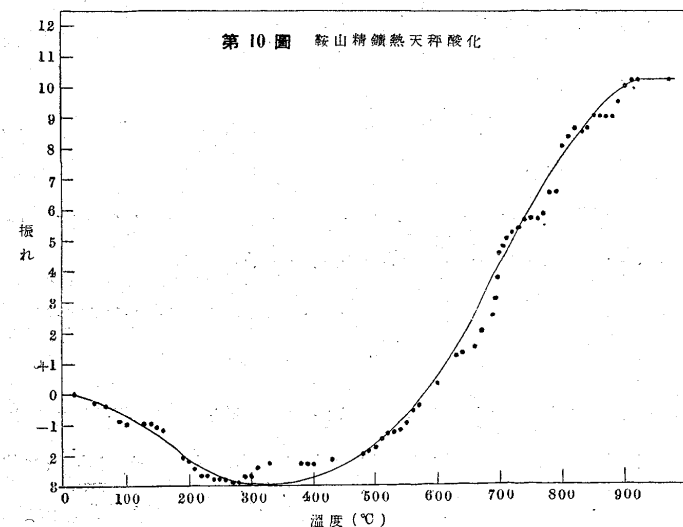
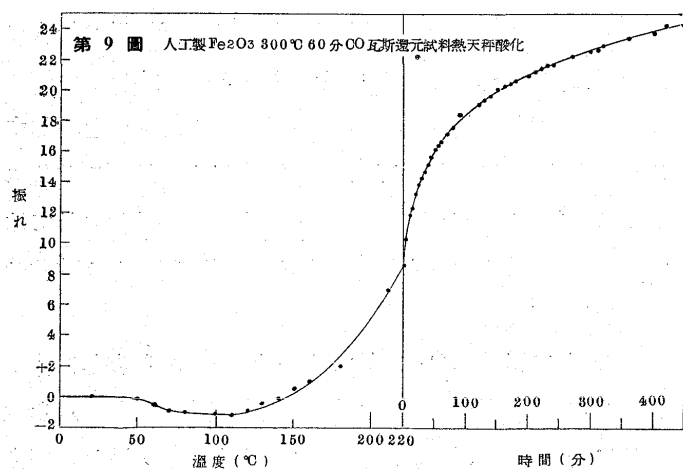
○長谷川熊彦君 同じになつて居ります。

○27番(金子恭輔君) さうすると初めは高くなるのですか。

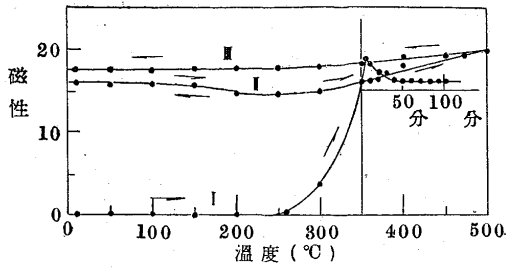
○長谷川熊彦君 こちらの方は酸化しながら熱して行くのであります、併し初めは斯様に高いのであります、此處で酸化が少なくなりますと磁性がずつと減ります、そねでは全部酸化してしまはなければ斯う云ふ形にならぬのです、そこから此形は丁度此處まで來て上がる譯です、此處まで來ますと斯うなる、それで是は無論ヒーターや色々のことが作用いたしまして、酸化の標準が變れば變り得る譯であります、それで此圖のやうに、こちらの溫度になりますと、矢張りこちらが 0 になる、其場合にはカーブは斯うなるのであります。

○27番(金子恭輔君) 初めの場合は高くなると云ふのですね。

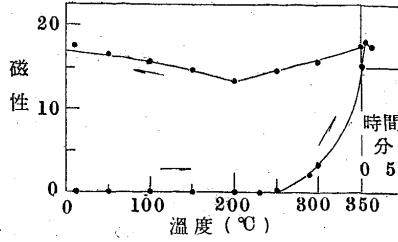
○長谷川熊彦君 それで其二つの區別はどう云ふ譯ですか、こちらが是だけしか残つて居ないのでありまして、後の磁性を現はすべきものは全部變ります、それで酸化の爲に減つたと云ふことになります。



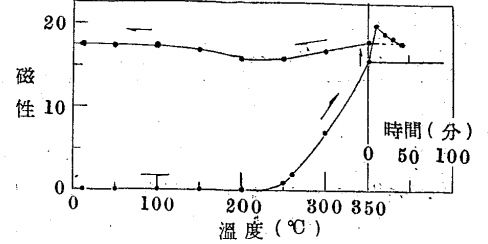
第 2 圖 人工製 Fe_2O_3 850°C 100 分, 500°C 10 分 H_2 瓦斯還元



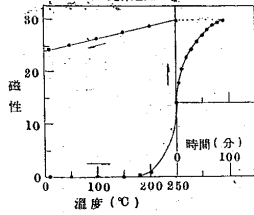
第 3 圖 人工製 Fe_2O_3 850°C 10 分 H_2 瓦斯還元



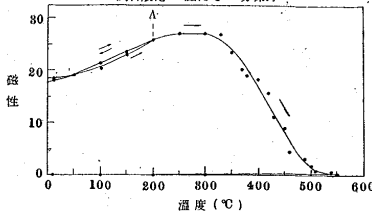
第 4 圖 人工製 Fe_2O_3 850°C 40 分 石炭瓦斯還元



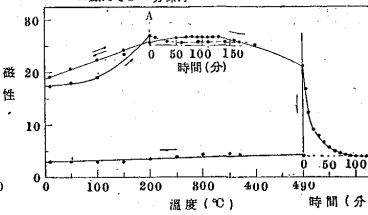
第 5 圖 人工製 Fe_2O_3 250°C 90 分 CO 瓦斯還元



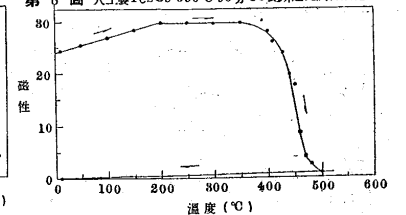
第 6 圖 人工製 Fe_2O_3 850°C 10 分 H_2 瓦斯還元 試料酸化 A 點にて 60 分保持



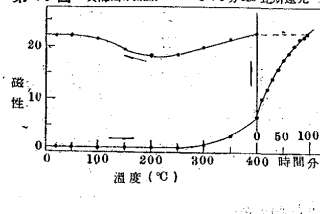
第 7 圖 人工製 Fe_2O_3 850°C 40 分 石炭瓦斯還元 試料酸化 A 點にて 180 分保持



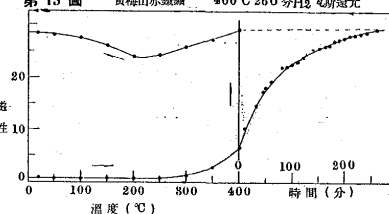
第 8 圖 人工製 Fe_2O_3 850°C 90 分 CO 瓦斯還元 試料酸化



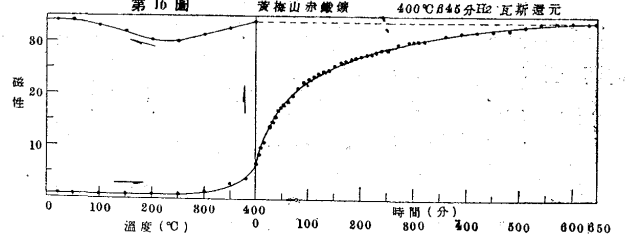
第 14 圖 黃梅山赤鐵礦 400°C 95 分 H_2 瓦斯還元



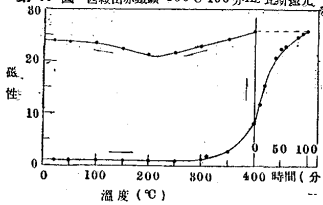
第 15 圖 黃梅山赤鐵礦 400°C 260 分 H_2 瓦斯還元



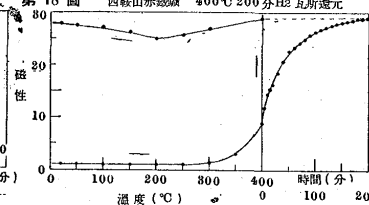
第 16 圖 黃梅山赤鐵礦 400°C 845 分 H_2 瓦斯還元



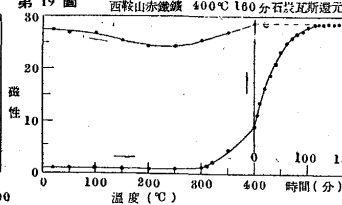
第 17 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 100 分 H_2 瓦斯還元



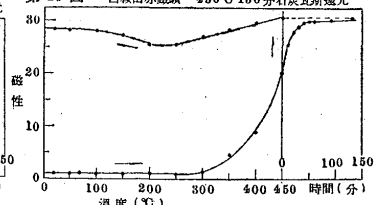
第 18 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 200 分 H_2 瓦斯還元



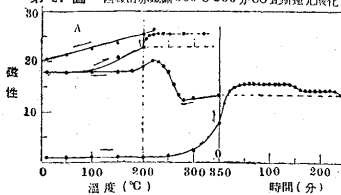
第 19 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 160 分 石炭瓦斯還元



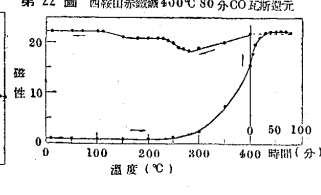
第 20 圖 西鞍山赤鐵礦 450°C 180 分 石炭瓦斯還元



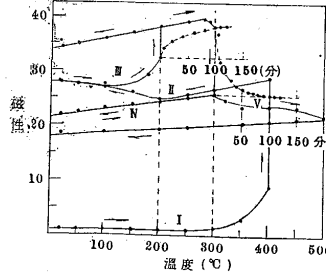
第 21 圖 西鞍山赤鐵礦 350°C 250 分 CO 瓦斯還元 酸化



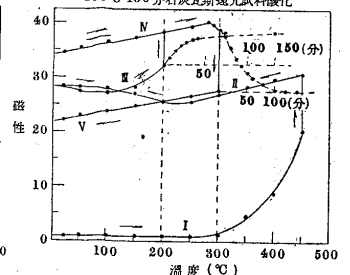
第 22 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 80 分 CO 瓦斯還元



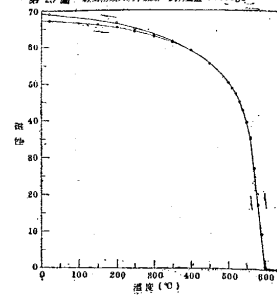
第 23 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 200 分 H_2 瓦斯還元 試料酸化



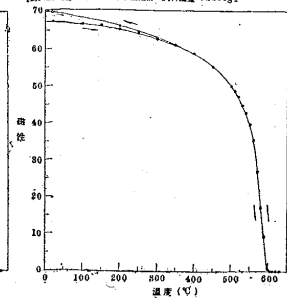
第 24 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 180 分 石炭瓦斯還元 試料酸化



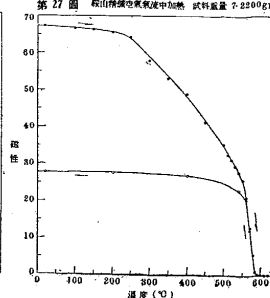
第 25 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 250 分 CO 瓦斯還元 試料重量 2200gr



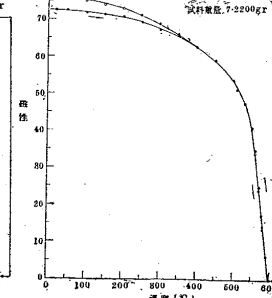
第 26 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 250 分 CO 瓦斯還元 試料重量 2200gr



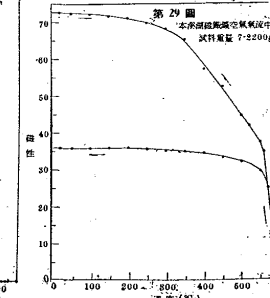
第 27 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 250 分 CO 瓦斯還元 試料重量 2200gr

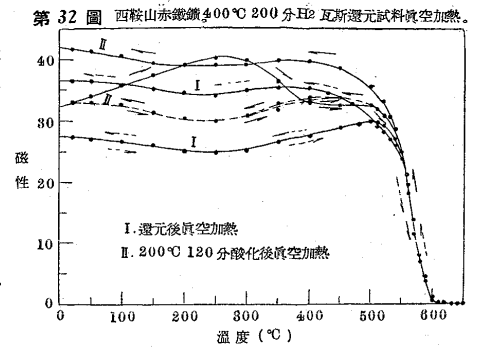
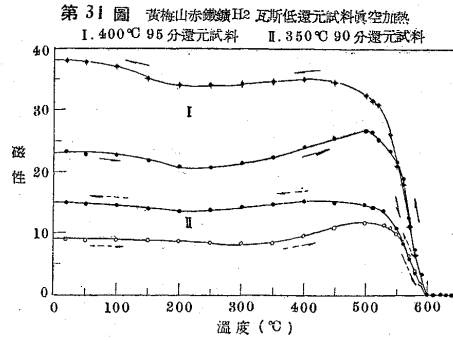
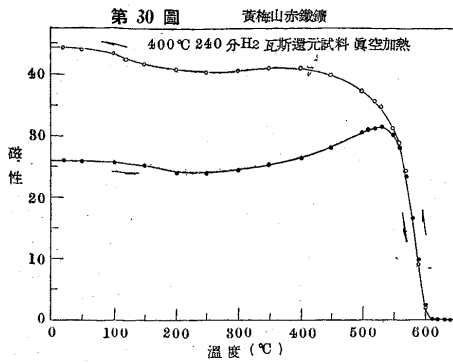


第 28 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 250 分 CO 瓦斯還元 試料重量 2200gr



第 29 圖 西鞍山赤鐵礦 400°C 250 分 CO 瓦斯還元 試料重量 2200gr



第3表 人工製 Fe₂O₃ H₂ 瓦斯還元 試料重量 3.3283g 減量 0.4259g

温度 °C	振れ de mm	振れ(補正) de'=de× 補正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	振れ(補正) de'=de× 補正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	振れ(補正) de'=de× 補正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	振れ(補正) de'=de× 補正率 mm	磁性 de'-40.5 mm
10	40.5	40.5	0	60	57.4	56.7	16.2	100	56.2	56.2	15.7	450°C	60.8	59.7	19.2
50	40.5	40.5	0	70	57.4	56.7	16.2	50	56.2	56.2	15.7	480	60.9	59.7	19.2
100	40.5	40.5	0	80	57.4	56.7	16.2	再10	56.5	56.5	16.0	500	61.6	60.2	19.7
150	40.5	40.5	0	90	57.4	56.7	16.2	加50	56.2	56.2	15.7	冷450	60.9	59.7	19.2
200	40.5	40.5	0	100	57.4	56.7	16.2	熱100	56.2	56.2	15.7	却400	60.5	59.6	19.1
260	41.2	40.9	0.4	360°C	57.4	56.7	16.2	150	56.2	56.2	15.7	350	59.5	58.7	18.2
300	44.8	44.3	3.8	370	57.6	56.9	16.4	200	55.1	55.1	14.6	300	59.1	58.4	17.9
350	57.3	56.6	16.1	380	58.1	57.4	16.9	250	55.5	55.1	14.6	250	58.7	58.2	17.7
時間 5分	59.9	59.2	18.7	400	59.5	58.6	18.1	300	56.1	55.4	14.9	200	58.2	58.2	17.7
10	59.3	58.6	18.1	冷却350	57.3	56.6	16.1	350	57.3	56.6	16.1	150	58.2	58.2	17.7
20	58.4	57.7	17.2	300	56.1	55.4	14.9	400	59.5	58.6	18.1	100	58.0	58.0	17.5
30	57.9	57.2	16.7	250	55.5	55.1	14.6	20分59.5	58.6	18.1	50	58.0	58.0	17.5	
40	57.6	56.9	16.4	200	55.1	55.1	14.6	80分59.5	58.6	18.1	20	58.0	58.0	17.5	
50	57.5	56.8	16.3	150	56.2	56.2	15.7								

第4表 人工製 Fe₂O₃ 石炭瓦斯還元 試料重量 3.4149g 減量 0.1420g

温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
10	40.5	0	250	41.4	0.9	20	59.5	19.0	200	56.1	15.6
50	40.5	0	260	42.5	2.0	30	59.0	18.5	150	57.3	16.8
100	40.5	0	300	47.5	7.0	40	58.4	17.9	100	57.7	17.2
150	40.5	0	350	56.2	15.7	冷却400°C	57.3	16.8	50	57.9	17.4
200	40.5	0	10分	60.4	19.9	250	56.3	15.8	10	57.9	17.4

第5表 人工製 Fe₂O₃ CO 瓦斯 250°C 90 分還元 試料重量 3.3273g 試料減量 0.0908g

温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
10	40.5	0	250	54.6	14.1	50	67.5	27.0	冷却200°C	69.3	28.8
50	40.5	0	時間 5分	58.3	17.8	60	68.6	28.1	150	68.1	27.6
100	40.5	0	10	61.0	20.5	70	69.5	29.0	100	67.0	26.5
150	40.5	0	20	63.2	22.7	80	69.9	29.4	50	65.8	25.3
180	40.8	0.3	30	64.8	24.3	90	70.3	29.8	10	64.8	24.3
200	41.3	0.8	40	66.4	25.9						

第7表 人工製 Fe₂O₃ 350°C 10 分還元 試料酸化

温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
10	58.9	18.4	10	58.6	18.1	420	56.3	15.8	30分	41.7	1.2
50	59.6	19.1	再加熱 50	59.6	19.1	430	51.7	11.2	40	41.7	1.2
100	60.7	20.2	100	61.8	21.3	450	49.6	9.1	70	41.7	1.2
150	63.4	22.9	150	64.0	23.5	時間 5分	48.5	8.0	510°C	41.6	1.1
200	66.2	25.7	200	66.2	25.7	20	47.4	6.9	540	41.4	0.9
時間 10分	66.2	25.7	250	67.4	26.9	30	47.0	6.5	550	40.9	0.4
20	66.2	25.7	300	67.5	27.0	40	46.6	6.1	時間 30分	40.9	0.4
30	66.2	25.7	330	67.3	26.8	50	46.3	5.8	冷却300°C	40.7	0.2
40	66.2	25.7	350	64.0	23.5	60	46.2	5.7	200	40.6	0.1
50	66.2	25.7	時間 20分	61.8	21.3	70	46.2	5.7	150	40.5	0
冷却150°C	64.0	23.5	40	61.6	21.1	460°C	45.1	4.6	100	40.5	0
100	61.8	21.3	370°C	60.7	20.2	490	43.9	3.4	50	40.5	0
50	59.6	19.1	380	59.6	19.1	500	42.6	2.1	10	40.5	0
			400	58.8	18.3	時間 10分	42.1	2.1			

第8表 人工 Fe_2O_3 350°C 40 分 石炭瓦斯還元試料酸化

温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
10	57.9	17.4	100	62.9	22.4	330	67.2	26.7	80	44.8	4.3
50	58.4	17.9	50	61.2	20.7	360	66.6	26.1	90	44.6	4.1
100	59.5	19.0	10	59.6	19.1	370	66.3	25.8	100	44.5	4.0
150	63.9	23.4	再加熱50	61.2	20.7	400	65.7	25.2	110	44.5	4.0
200	67.5	27.0	100	62.9	22.4	490	61.8	21.3	120	44.5	4.0
時間 10分	67.1	26.6	150	64.6	24.1	5分	57.3	16.8	冷却 370°C	44.8	4.3
30	66.3	25.8	200	66.1	25.6	10	52.8	12.3	350	45.1	4.6
50	66.2	25.7	250	67.0	26.5	15	50.7	10.2	300	44.8	4.3
60	66.1	25.6	270	67.2	26.7	20	49.6	9.1	250	44.3	3.8
90	66.1	25.6	280	67.2	26.7	30	48.4	7.9	200	44.0	3.5
110	66.1	25.6	290	67.2	26.7	40	47.2	6.7	150	43.4	2.9
140	66.1	25.6	300	67.2	26.7	50	46.1	5.6	100	43.4	2.9
150	66.1	25.6	310	67.2	26.7	60	45.4	4.9	50	43.4	2.9
180	66.1	25.6	320	67.2	26.7	70	45.1	4.6	10	43.4	2.9
冷却 150°C	64.6	24.1									

第9表 人工製 Fe_2O_3 250°C 90 分 CO 瓦斯還元試料酸化

温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	温度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
10	64.8	24.3	400	68.5	28.0	20	55.4	14.9	10分	43.8	3.3
50	65.9	25.4	410	66.6	26.1	30	52.9	12.4	20	43.8	3.3
100	67.3	26.8	430	64.5	24.0	40	51.5	11.0	480°C	43.1	2.6
150	68.8	28.3	10分	63.1	22.6	50	50.4	9.9	10分	42.7	2.2
200	70.2	29.7	440°C	60.3	19.8	460°C	49.1	8.6	500°C	42.2	1.7
250	70.2	29.7	10分	59.2	18.7	10分	47.6	7.1	10分	41.7	1.2
300	70.2	29.7	450°C	58.2	17.7	20	46.1	5.6	20	41.5	1.0
350	70.2	29.7	10分	56.2	15.7	470°C	44.7	4.2	冷却 16°C	40.5	0

第10表 人工製 Fe_2O_3 300°C 1時間 CO 瓦斯還元試料 熱天秤酸化 試料重量 1 gr 酸化増量 0.0286 gr

温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm
20	0	140	-0.1	20	13.3	60	16.7	160	20.4	270	22.3
50	-0.1	150	+0.6	25	13.9	70	17.2	170	20.5	300	22.6
60	-0.5	160	1.0	30	14.3	80	17.7	180	20.7	310	22.7
70	-0.9	180	2.0	35	14.7	90	18.5	200	21.0	320	23.0
80	-1.0	210	7.0	40	15.2	120	19.2	210	21.3	360	23.5
100	-1.1	220	8.6	45	15.7	130	19.4	220	21.5	400	23.8
110	-1.2	時間 5分	10.3	50	16.2	140	19.7	230	21.7	420	24.2
120	-0.9	10	11.9	55	16.4	220°C	20.2	240	21.8	450	24.3
130	-0.4	15	12.3								

第11表 鞍山精鐵熱天秤酸化 試料重量 0.6 gr 酸化増量 0.0193 gr

温度 °C	熱天秤目 盛讀み mm	温度 °C	熱天秤目 盛讀み mm	温度 °C	熱天秤目 盛讀み mm	温度 °C	熱天秤目 盛讀み mm	温度 °C	熱天秤目 盛讀み mm	温度 °C	熱天秤目 盛讀み mm
20	0	220	-2.7	380	-2.3	550	-1.0	705	4.7	820	8.6
50	-0.3	230	-2.7	390	-2.3	560	-0.6	710	5.0	830	8.5
70	-0.4	240	-2.8	400	-2.3	570	-0.4	720	5.2	840	8.6
90	-0.9	250	-2.8	430	-2.2	600	+0.3	730	5.3	850	9.0
100	-1.0	260	-2.8	450	-2.2	630	1.2	740	6.0	860	9.0
130	-1.0	270	-2.9	480	-2.0	640	1.3	750	6.5	870	9.0
140	-1.0	280	-2.9	490	-1.9	660	1.5	760	6.5	880	9.0
150	-1.1	290	-2.7	500	-1.8	670	2.0	770	6.8	890	9.5
160	-1.2	300	-2.7	510	-1.5	690	2.5	780	7.5	900	10.0
190	-2.1	310	-2.4	520	-1.3	695	3.0	790	7.5	910	10.2
200	-2.2	320	-2.4	530	-1.3	697	3.7	800	8.0	920	10.2
210	-2.5	330	-2.3	540	-1.2	700	4.5	810	8.3	970	10.2

第12表 天然赤鐵礦 300°C 2 時間 CO 瓦斯還元試料 熱天秤酸化 試料重量 0.9 gr 酸化増量 0.0205 gr

温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm	温度 °C	熱天秤 目盛讀み mm
20	0	170	-1.1	340	-0.7	時間 10分後	3.2	85	8.0	200	11.5
50	-0.1	190	-1.2	350	-0.8	15	3.7	90	8.3	210	11.8
70	-0.2	200	-1.3	360	-0.7	25	4.4	100	8.6	220	12.0
80	-0.5	220	-1.3	370	-0.6	30	4.6	105	8.9	230	12.1
100	-0.8	240	-1.3	380	-0.6	35	5.0	110	9.0	260	12.5
110	-0.9	250	-1.2	390	-0.5	40	5.2	120	9.6	300	12.9
120	-1.0	260	-1.1	420	-0.4	55	6.3	130	9.8	360	13.3
130	-0.9	300	-0.7	450	0	60	6.5	150	10.3	440	13.4
140	-0.9	310	-0.6	460	+0.1	70	6.7	170	11.0	520	13.5
150	-1.0	320	-0.7	490	1.5	75	7.0	180	11.2	550	13.6
160	-1.1	330	-0.7	500	2.0	80	7.3				

第 13 表 黃梅山赤鐵礦 350° 90 分 H_2 瓦斯還元 試料重量 8.2211 gr 減量 0.1850 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.3	0.8	300	41.8	1.3	40	47.4	6.9	250	50.5	10.0
50	41.3	0.8	350	43.6	3.1	50	48.4	7.9	200	50.4	9.9
100	41.3	0.8	時間 5分	44.0	3.5	60	49.4	8.9	150	50.8	10.3
150	41.3	0.8	10	44.6	4.1	80	50.5	10.0	100	51.5	11.0
200	41.3	0.8	20	45.6	5.1	90	51.5	11.0	50	51.6	11.1
250	41.3	0.8	30	46.4	5.9	冷却 270°C	50.7	10.2	20	51.6	11.1

第 14 表 黃梅山赤鐵礦 350°C 680 分 H_2 瓦斯還元 試料重量 8.2211 gr 減量 0.3405 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.3	0.8	60	51.2	10.7	240	59.0	18.5	580	65.6	25.1
50	41.3	0.8	80	52.6	12.1	260	59.5	19.0	610	66.1	25.6
100	41.3	0.8	90	53.5	13.0	270	59.9	19.4	640	66.5	26.0
150	41.3	0.8	100	53.9	13.4	280	60.3	19.8	670	66.5	26.0
200	41.3	0.8	110	53.9	13.4	300	60.7	20.2	680	66.5	26.0
250	41.3	0.8	120	54.6	14.1	320	61.4	20.9	冷却 300°C	65.5	25.0
300	41.8	1.3	130	55.2	14.7	350	62.2	21.7	250	64.5	24.0
350	42.7	2.2	140	56.1	15.6	時間 360	62.4	21.9	200	64.3	23.8
時間 5分	43.1	2.6	160	56.8	16.3	380	62.6	22.1	150	65.3	24.8
10	44.0	3.5	170	57.2	16.7	430	63.6	23.1	100	66.0	25.5
20	45.8	5.3	180	57.8	17.3	460	64.1	23.6	50	67.0	26.5
30	47.0	6.5	190	58.1	17.6	540	65.4	24.9	20	67.6	27.1
40	49.0	8.5	200	58.1	17.6						

第 15 表 黃梅山赤鐵礦 400°C 95 分 H_2 瓦斯還元 試料重量 8.2211 gr 減量 0.2950 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.3	0.8	350	43.5	3.0	60	59.3	18.8	250	59.0	18.5
50	41.3	0.8	400	47.1	6.6	70	61.2	20.7	200	58.8	18.3
100	41.3	0.8	時間 10分	50.5	10.0	80	62.1	21.6	150	59.8	19.3
150	41.3	0.8	20	52.5	12.0	90	62.4	21.9	100	62.0	21.5
200	41.3	0.8	30	54.5	14.0	95	63.0	22.5	50	62.5	22.0
250	41.3	0.8	40	56.5	16.0	冷却 350°C	61.9	21.4	20	62.5	22.0
300	41.8	1.3	50	58.1	17.6	300	60.3	19.8			

第 16 表 黃梅山赤鐵礦 400°C 260 分 H_2 瓦斯還元 試料重量 8.2211 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.3	0.8	45	57.6	17.1	150	66.1	25.6	260	69.7	29.2
100	41.3	0.8	50	58.4	17.9	160	66.4	25.9	冷却 50°C	67.7	27.2
150	41.3	0.8	60	59.6	19.1	170	66.7	26.2	300	66.3	25.8
200	41.3	0.8	80	62.5	23.0	180	67.5	27.0	250	64.8	24.3
250	41.3	0.8	90	62.6	22.1	190	67.8	27.3	200	64.5	24.0
300	41.8	1.3	100	63.0	22.5	200	68.0	27.5	150	66.6	26.1
350	43.4	2.9	110	63.4	22.9	210	68.5	28.0	100	68.0	27.5
400	47.1	6.6	120	64.3	23.8	220	68.6	28.1	50	68.5	28.0
時間 10分	50.7	10.2	130	64.9	24.4	230	68.8	28.3	20	69.0	28.5
30	55.0	14.5	140	66.1	25.6	240	69.1	28.6			

第 17 表 黃梅山赤鐵礦 400°C 645 分 H_2 瓦斯還元 試料重量 8.2211 gr 減量 0.4610 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.3	0.8	40	57.3	16.8	200	67.7	27.2	480	73.0	32.5
50	41.3	0.8	45	57.8	17.3	210	68.1	27.6	510	73.6	33.1
100	41.3	0.8	50	58.2	17.7	220	68.2	27.7	540	74.4	33.9
150	41.3	0.8	60	59.0	18.5	230	68.6	28.1	570	74.5	34.0
200	41.3	0.8	70	60.2	19.7	240	68.9	28.4	600	74.5	34.0
250	41.3	0.8	80	61.6	21.1	250	69.0	28.5	630	74.6	34.1
300	41.8	1.3	90	62.8	22.3	270	70.2	29.7	645	74.5	34.0
350	43.3	2.8	100	63.5	23.0	290	70.7	30.2	冷却 350°C	73.1	32.6
380	44.2	3.7	110	64.0	23.5	300	70.7	30.2	300	72.0	31.5
400	47.1	6.6	120	64.5	24.0	310	70.7	30.2	250	70.6	30.1
時間 5分	48.8	8.3	130	64.9	24.4	320	70.8	30.3	200	70.8	30.3
10	50.1	9.6	140	65.1	24.6	330	71.1	30.6	150	72.5	32.0
15	51.2	10.7	160	66.7	26.2	360	72.0	31.5	100	73.4	32.9
25	54.2	13.7	170	67.0	26.5	390	72.4	31.9	50	74.5	34.0
30	55.1	14.6	180	67.3	26.8	420	72.5	32.0	20	74.5	34.0
35	56.1	15.6	190	67.4	26.9	450	72.8	32.3			

第 18 表 西鞍山赤鐵礦 400°C 100 分 H_2 瓦斯還元 試料重量 7.2050 gr

溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm		
20	41.5	1.0	310	42.3	1.8	60	63.5	23.0	250	62.3	21.8		
50	41.5	1.0	350	43.2	2.7	80	65.3	24.8	200	61.8	21.3		
100	41.5	1.0	400	48.7	8.2	90	65.9	25.4	150	63.0	22.5		
150	41.5	1.0	時間 10分	52.3	11.8	100	66.3	25.8	100	64.0	23.5		
200	41.5	1.0		20	56.0	15.5	冷却 350℃	64.8	24.3	50	64.2	23.7	
250	41.5	1.0		40	61.2	20.7		300	63.5	23.0	20	64.5	24.0
300	41.8	1.3		50	63.0	22.5							

第 19 表 西鞍山赤鐵礦 400°C 200 分 H_2 瓦斯還元 試料重量 7.2050 gr 減量 0.3926 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.5	1.0	15	55.8	15.3	100	66.7	26.2	190	69.4	28.9
100	41.5	1.0	20	56.7	16.2	110	67.3	26.8	200	69.4	28.9
150	41.5	1.0	30	58.9	18.4	120	67.7	27.2	300°C	67.3	26.8
200	41.5	1.0	40	61.2	20.7	130	68.1	27.6	250	66.3	25.8
250	41.5	1.0	50	63.2	22.7	140	68.4	27.9	200	65.5	25.0
300	41.8	1.3	60	63.8	23.3	150	68.6	28.1	150	66.7	26.2
350	43.5	3.0	70	64.7	24.2	160	68.8	28.3	100	67.6	27.1
400	49.5	9.0	80	65.5	25.0	170	69.1	28.6	50	68.1	27.6
時間 5分	52.3	11.8	90	66.3	25.8	180	69.4	28.9	20	68.4	27.9
10	54.9	14.4									

第 21 表 西鞍山赤鐵礦 400°C 160 分 石炭瓦斯還元 試料重量 7.1860 gr 減量 0.3923 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.5	1.0	350	45.0	4.5	70	66.6	26.1	160	69.2	28.7
50	41.5	1.0	400	49.6	9.1	80	67.2	26.7	冷却 350°C	67.5	27.0
100	41.5	1.0	時間 5分	51.8	11.3	90	67.8	27.3	300	66.0	25.5
150	41.5	1.0		54.1	13.6	100	68.5	28.0	250	64.9	24.4
200	41.5	1.0	20	56.9	16.4	115	69.1	28.6	200	65.0	24.5
250	41.5	1.0	30	59.4	18.9	120	69.2	28.7	150	66.0	25.5
300	41.8	1.3	40	61.6	21.1	130	69.2	28.7	100	67.3	26.8
310	42.1	1.6	50	63.8	23.3	140	69.2	28.7	50	67.4	26.9
320	43.7	3.2	60	65.5	25.0	150	69.2	28.7	20	67.9	27.4

第 22 表 西鞍山赤鐵礦 450°C 130 分 石炭瓦斯還元 7.2000 gr

溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 ℃	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	41.5	1.0	350	45.0	4.5	50	70.5	30.0	250	66.1	25.6
50	41.5	1.0	400	49.4	8.9	60	70.6	30.1	200	66.1	25.6
100	41.5	1.0	450	60.8	20.3	90	70.7	30.2	150	67.7	27.2
150	41.5	1.0	時間 10分	66.1	25.6	130	71.2	30.7	100	68.6	28.1
200	41.5	1.0		20	68.5	28.0	冷却 400℃	70.3	29.8	50	68.7
250	41.5	1.0	30	69.5	29.0	350		68.9	28.4	20	68.9
300	41.9	1.4	40	70.3	29.8	300	67.6	27.1			

第 23 表 西鞍山赤鐵礦 350°C 250 分 CO 瓦斯還元 試料重量 7.2089 gr 減量 0.651 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
10	41.5	1.0	100	56.1	15.6	280	52.9	12.4	150	61.3	20.8
50	41.5	1.0	110	56.1	15.6	270	53.9	13.4	200	63.3	22.8
100	41.5	1.0	120	56.1	15.6	260	56.1	15.6	時間 5分	65.0	24.5
150	41.5	1.0	130	56.1	15.6	250	58.5	18.0		65.7	25.2
200	41.5	1.0	140	56.0	15.5	240	59.6	19.1	20	65.9	25.4
250	41.8	1.3	150	55.6	15.1	230	60.5	20.0	30	66.1	25.6
300	42.7	2.2	160	55.0	14.5	220	60.5	20.0	40	66.1	25.6
350	48.1	7.6	170	54.9	14.4	200	59.4	18.9	80	66.1	25.6
時間 10分	52.2	11.7	180	54.9	14.4	180	58.6	18.1	120	66.1	25.6
20	54.7	14.2	190	54.9	14.4	150	58.4	17.9	220°C	67.0	26.5
30	55.3	14.8	200	54.9	14.4	100	58.4	17.9	250	66.8	26.3
40	55.8	15.3	210	54.9	14.4	50	58.4	17.9	冷却 200	66.1	25.6
50	56.1	15.6	220	54.9	14.4	10	58.4	17.9	150	64.2	23.7
60	56.1	15.6	230	54.7	14.2	酸化加熱	58.4	17.9	100	63.1	22.6
70	56.1	15.6	240	54.0	13.5		58.4	17.9	50	61.9	21.4
80	56.1	15.6	250	53.9	13.4		58.4	17.9	10	61.1	20.6
90	56.1	15.6	冷却 300°C	53.3	12.8		58.5	18.0			

第 24 表 西鞍山赤鐵礦 400°C 80 分 CO 瓦斯還元 試料重量 7.2005 gr 減量 0.4775 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
10	41.5	1.0	時間 5分	58.5	18.0	冷却 350	60.7	20.2	200	61.5	21.0
50	41.5	1.0	10	60.3	19.8	300	59.5	19.0	180	61.4	20.9
100	41.5	1.0	20	61.7	21.2	280	59.0	18.5	150	61.7	21.2
150	41.5	1.0	30	62.6	22.1	270	59.3	18.8	110	62.8	22.3
200	41.5	1.0	40	62.8	22.3	260	59.6	19.1	100	62.8	22.3
250	41.8	1.3	50	62.9	22.4	250	60.6	20.1	70	62.8	22.3
300	42.9	2.4	60	62.9	22.4	240	61.1	20.6	50	62.8	22.3
350	48.1	7.6	70	62.9	22.4	230	61.5	21.0	10	62.8	22.3
400	56.2	15.7	80	62.6	22.1	220	61.5	21.0			

第 25 表 西鞍山赤鐵礦 400°C 200 分 H₂ 瓦斯還元 試料酸化 試料重量 6.8124 gr

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	68.4	27.9	冷却 120	78.7	38.2	40	67.9	27.4	150	64.5	24.0
50	67.9	27.4	150°C	77.6	37.1	50	67.4	26.9	200	65.0	24.5
100	68.0	27.5	100	76.5	36.0	60	67.0	26.5	250	65.8	25.3
180	69.9	29.4	50	75.4	34.9	70	66.7	26.2	300	66.0	25.5
時間 200	73.0	32.5	20	74.8	34.3	80	66.5	26.0	320	65.2	24.7
5分	74.8	34.3	再加熱 50	75.4	34.9	90	66.4	25.9	350	64.0	23.5
10	75.3	34.8	100	76.5	36.0	100	66.3	25.8	400	64.2	23.7
20	76.0	35.5	150	77.6	37.1	110	66.2	25.7	450	64.1	23.6
30	76.5	36.0	200	78.9	38.4	120	66.2	25.7	500	62.3	21.8
40	77.0	36.5	250	79.7	39.2	冷却 250°C	65.8	25.3	冷却 450	61.9	21.4
50	77.4	36.9	280	80.2	39.7	200	65.0	24.5	400	61.5	21.0
60	77.8	37.3	290	79.7	39.2	150	64.5	24.0	350	61.1	20.6
70	78.0	37.5	300	78.7	38.2	100	63.7	23.2	250	60.2	19.7
80	78.2	37.7	時間 5分	77.5	37.0	50	63.0	22.5	200	59.9	19.4
90	78.4	37.9	10	72.3	31.8	20	62.5	22.0	100	59.3	18.8
100	78.6	38.1	20	70.3	29.8	再加熱 50	63.0	22.5	20	59.1	18.6
110	78.7	38.2	30	69.1	28.6	100	63.7	23.2			

第 26 表 西鞍山赤鐵礦 450°C 130 分 石炭瓦斯還元 試料酸化

溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	磁性 de-40.5 mm
20	68.9	28.4	110	78.2	37.7	250	79.8	39.3	80	69.4	28.9
70	67.8	27.3	200	78.8	38.3	280	80.9	40.4	100	68.4	27.9
100	67.8	27.3	冷却 150°C	77.8	37.3	290	80.2	39.7	120	68.3	27.8
150	68.8	28.3	100	77.0	36.5	300	79.3	38.8	140	68.2	27.7
時間 200	72.8	32.3	50	76.0	35.5	時間 10分	78.8	38.3	冷却 250°C	67.1	26.6
10分	74.2	33.7	20	75.1	34.6	20	76.0	35.5	200	66.2	25.7
20	75.5	35.0	再加熱 50	76.0	35.5	30	74.0	33.5	150	65.4	24.9
30	76.5	36.0	100	77.0	36.5	40	72.7	32.2	100	64.3	23.8
40	77.0	36.5	150	77.8	37.3	50	71.5	31.0	50	63.6	23.1
50	77.4	36.9	200	78.8	38.3	60	70.5	30.0	20	62.7	22.2
60	77.7	37.2									

第 28 表 本溪湖磁鐵礦真空加熱 試料重量 7.2200 gr

溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm
20	113.1	113.1	72.6	510	94.1	92.0	51.5	冷却 630	41.5	40.5	0	450	102.0	100.0	59.5
50	113.0	113.0	72.5	530	90.2	88.2	47.7	620	41.5	40.5	0	400	106.6	103.6	63.1
100	112.5	112.5	72.0	550	83.6	81.6	41.1	610	41.5	40.5	0	350	108.4	107.1	66.6
150	112.1	112.1	71.6	560	77.4	75.6	35.1	600	41.6	40.6	0.1	300	111.1	109.8	69.3
200	111.5	111.5	71.0	570	67.1	65.5	25.0	590	47.8	46.7	6.2	250	112.9	112.1	71.6
250	110.9	110.1	69.6	580	56.3	55.0	14.5	580	55.4	54.1	13.6	200	113.9	113.9	73.4
300	109.5	108.1	67.6	590	48.1	46.9	6.4	560	76.4	74.6	34.1	150	114.8	114.8	74.3
350	107.9	106.6	66.1	600	41.6	40.6	0.1	550	83.3	81.3	40.8	100	115.7	115.7	75.2
400	105.0	103.5	63.0	610	41.5	40.5	0	530	90.1	88.1	47.6	50	116.6	116.6	76.1
450	102.0	100.0	59.5	620	41.5	40.5	0	500	96.6	94.5	54.0	20	117.0	117.0	76.5
500	96.7	94.6	54.1	650	41.5	40.5	0								

第 29 表 本溪湖磁鐵礦空氣氣流中加熱 試料重量 7.2200 gr 増量 0.0124 gr

溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm	溫度 °C	振れ de mm	振れ(補 正) de' = de × 補 正率 mm	磁性 de-40.5 mm
20	113.1	113.1	72.6	100	112.6	112.6	72.1	200	111.6	111.6	71.1	300	110.2	108.7	68.2
50	113.0	113.0	72.5	150	112.1	112.1	71.6	250	111.1	110.3	69.8	350	107.0	105.7	65.2

温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm
400	99.0	97.7	57.2	590	48.1	46.9	6.4	600	41.6	40.6	0.1	300	76.6	75.7	35.2
450	94.9	93.0	52.5	600	41.6	40.6	0.1	580	55.8	54.5	14.0	250	76.6	76.1	35.6
500	86.9	85.0	44.5	610	41.5	40.5	0	570	65.9	64.8	24.3	200	76.6	76.6	36.1
520	84.1	82.3	41.8	625	41.5	40.5	0	550	71.6	69.9	29.4	150	76.6	76.6	36.1
550	79.7	77.8	37.3	635	41.5	40.5	0	500	74.2	72.6	32.1	100	76.6	76.6	36.1
560	77.0	75.2	34.7	640	41.5	40.5	0	450	75.3	73.8	33.3	50	76.6	76.6	36.1
570	67.1	65.4	24.9	650	41.5	40.5	0	400	75.9	74.9	34.4	20	76.6	76.6	36.1
580	56.3	55.0	14.5	冷却630	41.5	40.5	0	350	76.4	75.5	35.0				

第 30 表 黄梅山赤鐵礦 400°C 240 分 H_2 瓦斯還元 試料真空加熱 試料重量 7.2005 gr

温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm
20	66.5	66.5	26.0	530	73.6	72.0	31.5	冷却640	41.5	40.5	0	500	79.7	78.0	37.5
50	66.5	66.5	26.0	550	72.3	70.6	30.1	630	41.5	40.5	0	450	82.0	80.4	39.9
100	66.2	66.2	25.7	560	70.2	68.6	28.1	620	41.5	40.5	0	400	82.8	81.6	41.1
150	65.7	65.7	25.2	570	65.6	64.0	23.5	610	41.5	40.5	0	350	82.7	81.7	41.2
200	64.6	64.6	24.1	580	58.5	57.1	16.6	600	43.6	42.5	2.0	300	82.2	81.2	40.7
250	64.9	64.5	24.0	590	51.5	50.3	9.8	590	50.6	49.4	8.9	250	81.6	81.0	40.5
300	65.7	64.9	24.4	600	44.0	42.9	2.4	580	58.4	57.0	16.5	200	81.5	81.5	41.0
350	66.6	65.8	25.3	610	41.5	40.5	0	570	66.5	64.9	24.4	150	82.4	82.4	41.9
400	67.8	66.8	26.3	620	41.5	40.5	0	560	71.2	69.5	29.0	120	83.0	83.0	42.5
450	70.0	68.6	28.1	630	41.5	40.5	0	550	73.7	71.9	31.4	100	84.1	84.1	43.6
500	72.6	71.0	30.5	640	41.5	40.5	0	530	77.0	75.3	34.8	50	84.6	84.6	44.1
510	73.2	71.6	31.1	650	41.5	40.5	0	520	78.0	76.3	35.8	20	84.7	84.7	44.2
520	73.4	71.8	31.3												

第 31 表 黄梅山赤鐵礦 400°C 95 分 H_2 瓦斯還元試料 真空加熱 試料重量 7.9500 gr

温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm
20	63.5	63.5	23.0	540	65.4	64.0	23.5	冷却640	41.5	40.5	0	510	73.7	72.1	31.6
50	63.3	63.3	22.8	550	63.7	62.2	21.7	630	41.5	40.5	0	500	74.6	73.0	32.5
100	63.3	63.3	22.8	560	60.8	59.4	18.9	620	41.5	40.5	0	450	76.6	75.1	34.6
150	62.2	62.2	21.7	570	54.3	53.0	12.5	610	41.5	40.5	0	400	76.7	75.6	35.1
200	61.2	61.2	20.7	580	48.9	47.8	7.3	600	41.5	40.5	2.0	350	76.1	75.2	34.7
250	61.6	61.2	20.7	590	44.9	43.8	3.3	590	44.8	43.7	3.2	300	75.6	74.7	34.2
300	62.6	61.9	21.4	600	41.5	40.5	0	580	47.9	46.8	6.3	250	75.1	74.6	34.1
350	63.7	62.9	22.4	610	41.5	40.5	0	570	52.9	51.6	11.1	200	74.6	74.6	34.1
400	65.3	64.4	23.9	620	41.5	40.5	0	560	59.8	58.4	17.9	150	75.5	75.5	35.0
450	67.3	66.0	25.5	630	41.5	40.5	0	550	65.4	63.8	23.3	100	77.6	77.6	37.1
500	68.7	67.2	26.7	640	41.5	40.5	0	540	68.1	66.7	26.2	50	78.3	78.3	37.8
510	68.5	67.0	26.5	650	41.5	40.5	0	520	73.1	71.5	31.0	20	78.6	78.6	38.1
520	67.2	65.7	25.2												

第 32 表 黄梅山赤鐵礦 350°C 90 分 H_2 瓦斯還元試料 真空加熱 試料重量 6.4777 gr

温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm	温度 °C	振れ mm	振れ(補 正)de' de×補 正率 mm	磁性 de'-40.5 mm
20	49.4	49.4	8.9	530	53.1	51.9	11.4	640	41.5	40.5	0	500	56.4	55.2	14.7
50	49.4	49.4	8.9	540	52.7	51.5	11.0	650	41.5	40.5	0	450	56.6	55.5	15.0
100	49.4	49.4	8.9	550	51.7	50.5	10.0	冷却640	41.5	40.5	0	400	56.6	55.8	15.3
150	49.4	49.4	8.9	560	50.5	49.3	8.8	630	41.5	40.5	0	350	56.0	55.3	14.8
200	49.3	49.3	8.8	570	48.0	46.8	6.3	600	41.5	40.5	0	300	55.5	54.8	14.3
250	49.3	49.0	8.5	580	45.5	44.4	3.9	580	45.1	44.0	3.5	250	55.0	54.2	13.7
300	49.4	48.8	8.3	590	43.5	42.4	1.9	570	47.5	46.3	5.8	200	54.5	54.5	14.0
350	49.5	48.9	8.4	600	41.5	40.5	0	560	50.0	48.8	8.3	150	55.0	55.0	14.5
400	50.9	50.1	9.6	610	41.5	40.5	0	550	52.6	51.3	10.8	100	55.5	55.5	15.0
450	52.5	51.5	11.0	620	41.5	40.5	0	530	55.5	54.3	13.8	50	55.7	55.7	15.2
500	53.4	52.3	11.8	630	41.5	40.5	0	510	55.8	54.6	14.1	20	56.0	56.0	15.5

第 33 表 西鞍山赤鐵礦 400°C 200 分 H_2 瓦斯還元試料 眞空加熱 試料重量 6.7800 gr

溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm	溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm	溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm	溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm
20	680	68.0	27.5	20	680	68.0	27.5	570	54.5	54.2	13.7	540	68.0	66.5	26.0
50	675	67.5	27.0	50	673	67.3	26.8	580	49.5	48.3	7.8	530	69.0	67.5	27.0
100	671	67.1	26.6	100	671	67.1	26.6	590	46.0	44.9	4.4	520	70.0	68.5	28.0
150	665	66.5	26.0	150	663	66.3	25.8	600	42.5	41.5	1.0	510	71.0	69.5	29.0
200	65.5	65.5	25.0	200	65.3	65.3	25.8	610	41.7	40.7	0.2	500	72.0	70.4	29.9
250	65.6	65.2	24.7	250	65.2	64.8	24.3	620	41.5	40.5	0	470	74.6	73.1	32.6
300	66.5	65.7	25.2	300	66.2	65.4	24.9	630	41.5	40.5	0	450	75.5	74.1	33.6
350	67.7	66.9	26.4	355	67.7	66.9	26.4	640	41.5	40.5	0	430	76.0	74.9	34.4
400	69.0	68.0	27.5	400	69.1	68.1	27.6	650	41.5	40.5	0	400	77.0	75.8	35.3
450	70.8	69.4	28.9	450	70.9	69.5	29.0	冷却640	41.5	40.5	0	350	76.6	75.7	35.2
冷却400	69.3	68.3	27.8	480	71.3	69.9	29.4	630	41.5	40.5	0	300	76.2	75.3	34.8
350	68.0	67.2	26.7	500	71.9	70.3	29.8	610	41.5	40.5	0	250	75.0	74.5	34.0
300	66.5	65.7	25.2	510	71.8	70.2	29.7	600	42.0	41.0	0.5	200	75.0	75.0	34.5
250	65.5	65.0	25.0	520	71.2	69.7	29.2	590	45.3	44.2	3.7	150	75.6	75.6	35.1
200	65.3	65.3	24.8	540	69.3	67.8	27.3	580	48.5	47.3	6.8	100	76.6	76.6	36.1
150	66.4	66.4	25.9	550	67.0	65.4	24.9	560	59.5	58.3	17.8	50	77.0	77.0	36.5
100	67.1	67.1	26.6	560	61.5	60.0	19.5	550	65.3	63.8	23.3	20	77.0	77.0	36.5
50	67.5	67.5	27.0												

第 34 表 西鞍山赤鐵礦 400°C 200 分 H_2 瓦斯還元 200°C 120 分酸化試料 眞空加熱

試料重量 6.8207 gr

溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm	溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm	溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm	溫度 °C	振れ mm	振れ(補) 正)de' = de × 補 正率 mm	磁性 de' - 40.5 mm
20	73.7	73.7	33.2	200	70.8	70.8	30.3	530	72.8	71.2	30.7	560	60.1	58.7	18.2
50	74.6	74.6	34.1	150	71.8	71.8	31.3	540	70.6	69.1	28.6	550	63.9	64.3	23.8
100	76.2	76.2	35.7	100	73.0	73.0	32.5	560	63.3	61.8	21.3	540	70.6	69.1	28.6
150	77.8	77.8	37.3	50	73.5	73.5	33.0	570	54.8	53.5	13.0	530	72.9	71.3	30.8
200	79.4	79.4	38.9	20	73.5	73.5	33.0	580	49.8	48.6	8.1	520	75.3	73.7	33.2
250	81.0	80.5	40.0	50	73.5	73.5	33.0	590	46.2	45.1	4.6	500	77.7	76.0	35.5
300	81.1	80.1	39.6	100	73.0	73.0	32.5	600	42.7	41.7	1.2	450	80.5	79.0	38.5
350	77.6	76.7	36.2	150	71.7	71.7	31.2	610	41.7	40.7	0.2	400	81.3	80.1	39.6
400	74.4	73.3	32.8	200	70.8	70.8	30.3	620	41.5	40.5	0	350	81.2	80.2	39.7
445	74.4	73.0	32.5	250	70.8	70.3	29.8	630	41.5	40.5	0	300	80.5	79.5	39.0
500	74.7	73.1	32.6	300	71.8	71.0	30.5	640	41.5	40.5	0	250	79.9	79.4	38.9
冷却450	75.5	74.0	33.5	350	73.0	72.1	31.6	650	41.5	40.5	0	200	79.3	79.3	38.8
400	74.8	74.2	33.7	400	74.8	73.7	33.2	冷却630	41.5	40.5	0	150	79.7	79.7	39.2
350	73.0	73.2	32.7	450	75.5	74.0	33.5	600	42.7	41.7	1.2	100	81.1	81.1	40.6
300	72.0	71.1	30.6	500	74.7	73.1	32.6	580	48.5	47.3	6.8	50	81.8	81.8	41.3
250	70.8	70.3	29.8	510	74.0	72.4	31.9	570	53.1	51.8	11.3	20	82.3	82.3	41.7