

(7) イタピラ鉱石の熱割れについて

八幡製鉄所, 技術研究所

工博 石光章利・菅原欣一・○平戸 正男

The Investigation on the Quasi-Decrepiation of Itabirite Ore by Heating.

Dr. Akitoshi ISHIMITSU, Kinichi SUGAHARA and Masao HIRATO.

I. 緒 言

イタピラ鉱石を高炉に使用するとダスト量の増加, 炉況の悪化などのトラブルを起し易い。

この原因はイタピラ鉱石の熱間性状に基くものと判断されるので, この原因の究明を行なつた。

今回はイタピラ鉱石の組織的な性状の検討から熱間粉化の原因について中間的に報告する。

II. 試験結果

1. 試 料

試料は八幡入荷のものから採取した。化学分析値は Table 1 に示すごとくで極めて品位の高いヘマタイト鉱石である。

2. 気孔率および比重

気孔率は真比重および見掛比重を測定して, それから計算で求めた。見掛比重は従来行なつている通り, 見掛比重測定装置を使用した。

Table 2 にその結果を他鉱石と対比して示したが, 明らかに他鉱石に比べて緻密な組織をしている。

3. 顕微鏡観察

イタピラ鉱石は肉眼的には大部分が層理面をもつ層状鉱石であるが, 組織的には層状を示さないものも認められるので便宜上 3 種類に分類した。すなわち明瞭な層状

Table 1 Chemical analysis (%)

T. Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
70.14%	0.95%	98.93%

Table 2.

Description	Specific Gravity	Apparent density	Porosity
Itabira	5.238	5.168	1.147
Tangpun	4.985	4.866	2.390
Larap	4.698	4.386	6.640
Goa	4.644	3.552	23.520
Rob river	4.143	3.131	24.370

Table 3. Compressive strength of Itabilite Ore. (kg/cm<sup>2</sup>).

Laminated structure		Sub-laminated structure		Irregular structure	
A (Fase)	B (Fase)	A (Face)	B (Fase)	A (Face)	B (Face)
*2000 kg/cm <sup>2</sup>	700 kg/cm <sup>2</sup>	590 kg/cm <sup>2</sup>	1390 kg/cm <sup>2</sup>	1500 kg/cm <sup>2</sup>	660 kg/cm <sup>2</sup>
914 //	488 //	*2000 //	1510 //	470 //	720 //
2000 //	1440 //	1490 //	*2000 //	900 //	1565 //
1400 //	1260 //	805 //	1005 //	2000 //	670 //
1550 //	1585 //	*2000 //	1460 //	1450 //	730 //
1573 //	1095 //	1384 //	1477 //	1264 //	869 //

のものを層状組織と呼び, 層状ではあるがさほど顕著でないものを準層状組織, また層状組織の認められないものを不規則組織と呼んだ。また便宜的に層理面をA面, 直角側面をB面, A, B面に直角な面をC面と呼ぶ。

各組織共 A, B, C面に明瞭な差異が認められた。

4. 耐圧強度

A, B, C面が組織的に可成りの差があり, これが強度にも影響すると考えられるので, 組織別および方向別の耐圧強度を測定した。測定法は立方体に切り出した試料をアムスラー型耐圧試験機で破壊圧力を読んだ。測定結果を Table 3 に示す。

各組織の判別は立方体に切出した試料のA面を研磨し, 光学顕微鏡で観察して区別したが, 層状と準層状および準層状と不規則との組織的区分が不明瞭なものも二, 三あつた。

しかし, 実験結果から見ると大体に於て, A面がB面よりも強度的に高く, かつ層状組織に比して不規則組織が低い値を示している。これはイタピライトが成因的に動力変成作用を受けていることおよび, その度合いは一般に層理の発達に比例すると考えられる点から見て妥当な結果と判断される。

5. 加熱試験

1) 層理間滲透水の影響

当初露天ヤードの貯鉱石ほど熱間粉化が甚しいということであつたので, まづ貯鉱時の雨水の滲透が熱間粉化の原因ではないかと予測した。

これと類似した鉱物学上の現象に層状格子鉱物の内(蛭石およびある種の雲母類)に熱間葉状剝離(exfoliation)現象がある。これは層状珪酸鎖状格子の層間に水の分子がとり込まれている構造をもつもので, この水が加熱により蒸気化して層格子を押し広げると解釈されているものである。この予測に基いて立方体試料に人為的に水を圧入し, これを加熱する実験を行なつた。

まづ試料を水を満した密封容器中に入れ, 水に浸つた状態のまま容器中を真空にし, 急激に常圧に戻す方法で気孔中に水を充満した後, オートクレーブにより 200 kg の加圧圧入を行なつた。Table 4 にその結果を示した。

この結果ではほぼ水の入り得る空隙には水が充満することが示されている。こうして組織空隙に水を圧入した試料を 900°C に昇温したマッフル炉に装入した結果, 数分で全試料とも連続的な撓音と共に粉化した。

ところがブランケットとして3時間, 120°C で乾燥した試料について同じ条件で試験した結果全く同様の粉

Table 4.

Weight of samples (g)	Injected water (g) in reduced atmospheric pressure	Injected water (g) in increased atmospheric pressure	Volume ratio of water occupied pore to nonoccupied (%)
31.55	0.82	—	11.71
26.20	1.50	—	25.97
35.50	—	—	—
33.90	0.10	—	1.33
41.10	0.10	—	1.10
41.50	0.30	—	3.26
52.30	0.30	—	2.59
30.80	2.20	—	32.19
37.00	1.80	0.2	24.36
46.70	3.00	0.1	29.92
37.85	2.85	—	33.94
34.40	2.50	—	32.75

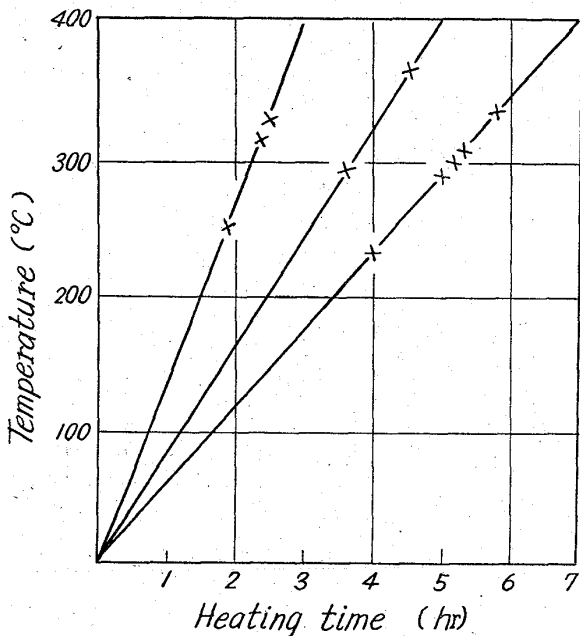


Fig. 1. Correlation between temperature and and heat powdering.

化壊裂を起した。

したがって間隙滲透水の影響は一応検討の対象から除外することにした。

2) 加熱試験

予備実験において前記熱間粉化は概ね 200~400°C の範囲で起ることが明らかにされたので、幾つかの温度勾配の昇温条件での加熱試験を行なった。

まづ任意に切出した試料について加熱速度を変えた実験を行なった。到達温度を 400°C とし、焼成時間を 3, 5, 7 時間と変え試料個数をそれぞれ 6, 5, 7 コについてマツフル炉で加熱した。その結果を Fig. 1 に示す。図に見るようにそれぞれ 3, 2, 5 コの試料が粉化し、その温度は 200~350°C の間である。

次に組織別に分類した試料について昇温条件を 400°C/1 hr, 400°C/3 hr として加熱試験

を行なった。その結果によると、粉化は組織と密接な関係があり、いわゆる層状組織試料はほとんど粉化するが不規則組織試料は粉化しがたいことを示している。

III. 熱間粉化の原因の考察

層状組織の試料を加熱して部分的な亀裂を発生させ、その状態を顕微鏡により観察すると、その亀裂部分には明瞭な特徴がある。すなわち Photo. 1 (a) に示されるごとく亀裂は極めて判然とした直線上に載っており、この条件を満さないものは亀裂とはなっていない。したがって微視的には亀裂であつても、巨視的な亀裂まで発達しない部分もあり得るわけである。

Photo. 1 (b) (c) にはその状況を示してある。ヘマタイトは六方晶系に層し、板状結晶は底面 {0001} が発達した型をとる。したがって動力変成により生成されたイタピライトは層理面に {0001} 面が平行な板状、もしくは片状ヘマタイトの集合体と見做し得る。

ヘマタイトの熱的な性質、就中熱膨張率は下に示すごとくその値にかなりの差がある。

a) Dana's. The System of Mineralogy. Vol. 1, p. 529.  $\alpha^{40} = 7.61 \parallel c, 7.71 \perp c$  [ $\alpha^t = (10^6/l) \cdot (dl/dt)$ ]

b) 鉱物概論. p. 119, (原田準平著, 岩波全書) 線膨張係数 =  $8.17 \times 10^{-6} \parallel c, 7.91 \times 10^{-6} \perp c$ , 温度 20°C.

c) 物理常数表 P. 112 (芝亀吉編. 岩波書店版)

$$l_{\theta} = l_{\tau} (1 + 7.6918 \times 10^{-6}(\theta - \tau) + 12.000 \times 10^{-9}(\theta - \tau)^2) \parallel c$$

$$= l_{\tau} (1 + 7.6109 \times 10^{-6}(\theta - \tau) + 4.901 \times 10^{-9}(\theta - \tau)^2) \perp c$$

(Bäckström の測定結果による)

d) Inorganic and Theoretical Chemistry Vol. XIII. p. 790 (J. W. Mellor)

$\alpha = 8.29 \times 10^{-6} \parallel c, 8.36 \times 10^{-6} \perp c$  (H. Fizeau の測定値)

$$l = l_0 (1 + 7.6109 + 10^{-9}\theta + 4.901 \times 10^{-9}\theta) \parallel c$$

$$l_0 (1 + 7.6918 \times 10^{-6}\theta + 12.00 \times 10^{-9}\theta) \perp c$$

(前掲 Bäckström の数値)

このように測定者によりかなりの差があるが、概していい得ることは、主軸に直角方向の線膨張係数が主軸に平行な方向のそれよりも大きい値を示すということである。しかし、この線膨張係数の方位性はイタピライトの熱間割れを考える際にはむしろ、この値は線膨張の程度を示すものとして参考にされる。

上記の線膨張係数測定値は 100°C 以下で適用されるが、単純にそのまま 200~400°C に適用されるとすると線膨張率は約 0.17 乃至 0.38% 以上となる。

以上の実験結果より明らかなことは熱間粉化は層状組

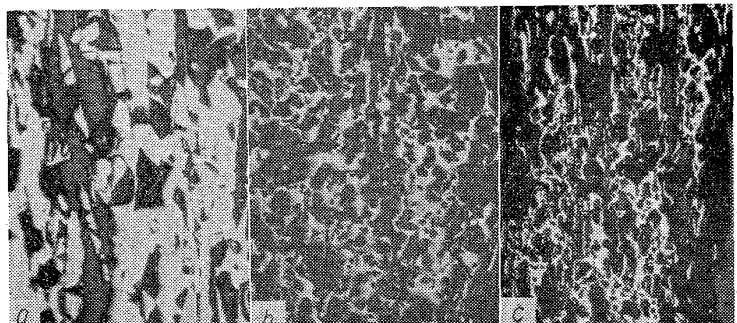


Photo. 1. Microstructure of samples with cracks.

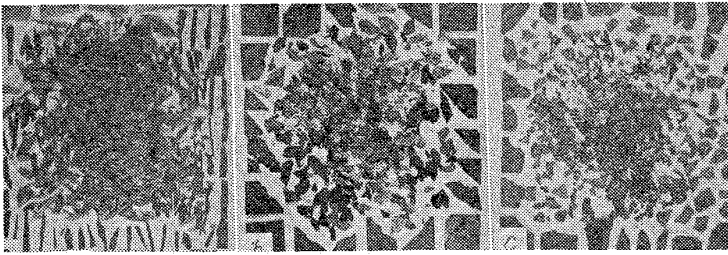


Photo. 2. Flakes of heated samples

織に特有な現象であり、かつ、上記の顕微鏡観察によつて亀裂の直線性が確認されていることから、亀裂つまり、熱間粉化の原因を次のように推論する。

すなわち、層状組織に特徴的に見られるようなヘマタイト結晶面が同一の平面内に整然とならぶことにより、加熱による膨張がこの面内にまとまった形で現われ、面間、つまり粒間の剝離を起すものと考えられる。

したがつて、不規則組織のごとくこうした結晶の面列性の少ないものは、それに伴い剝離の可能性も減少することになるのであろう。また Photo.2 に示す粉化後の破片の形状の差つまり粉化の差も上記のごとき結晶の面列性の差によつて説明がつく。

したがつて、もしこの推論が正しければ、イタピラ鉄石の熱間粉化は鉄石性状に伴う本質的なものであり、普通の手段では避け得ないと考えられるので、いわゆる層状組織と不規則組織のものとを区別して考える必要があるように思う。なお今後は上記の推論を裏付けるための高温顕微鏡観察および還元との関係などの検討を続けて行きたい。

### (8) 砂鉄の団鉱に関する研究

九州大学工学部 工博 八木貞之助  
小野陽一・○坂田武彦  
Study on Agglomeration of Iron Sand.  
Dr. Teinosuke YAGI, Yōichi ONO  
and Takehiko SAKATA.

#### I. 緒 言

砂鉄製錬の生産性を向上させるためには合理的な事前処理法の確立が急務であり、従来いろいろの方法<sup>1)</sup>が研究されまた実施されている。われわれは砂鉄と鉄粉とを少量の水で混和して放置すると塊状化することを偶然の機会に発見し、この現象を砂鉄ならびに粉鉄鉄石の団鉱の製造に利用できるかどうか、その可能性を現在実験的に検討している。まず団鉱製造のために二三の条件について検討したので、その結果について報告する。

#### II. 実験方法

有明海砂鉄の磁選精鉄 (-32~+100 mesh) に市販の還元鉄粉その他を加えて水で混和し、金型にて 15mmφ×15mm の円柱に加圧成型後、下記の処理を施した後一定時間ごとに油圧式万能試験機により団鉱の圧縮強度を測定した。

#### III. 実験結果

まず砂鉄に 3~5% の還元鉄を加えて 300g としさら

に澱粉 1g と水 10ml を配合してよく混和し、そのうち適量をとつて金型に入れて加圧成型後大気中に放置すると、Fig. 1 に示すように 3~4 日で団鉱の圧縮強度はほぼ一定になつた。また還元鉄添加量の増加にともなつて強度は増大している。次に成型後 4 日間経過した団鉱を水に浸した後電気定温乾燥器中で 70°C に 5 時間保つたところ、図にみるようにその強度は著しく増大した。

このことは団鉱硬化の際に温度ならびに湿度が重要な因子であることを示唆しているものと思われる。

次に砂鉄に 3~5% の還元鉄を加えて 300g としこ

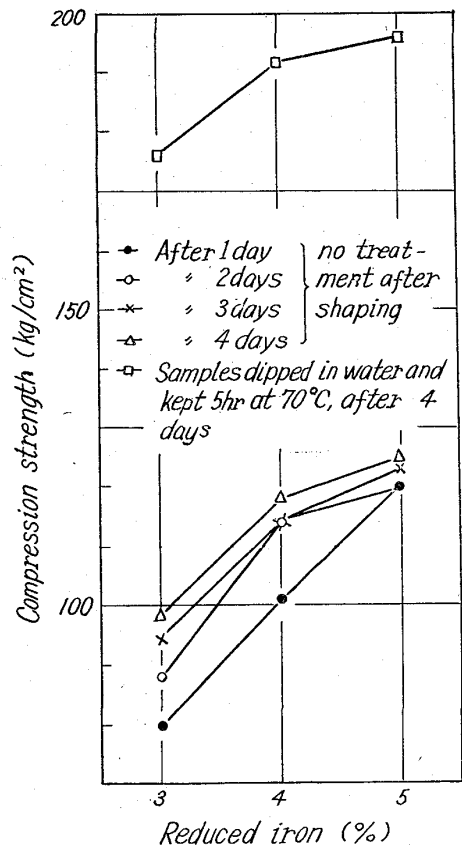


Fig. 1. Compression strength of the briquettes.



Photo. 1. Microscopic structure of a briquette. A=Iron sand, B=Iron oxide binder. ×600(1/2)