

Fig. 4. Sulphate roasting by oxygen-enriched air ($O_2=100\%$).

に低い。

なお圧力を増すほど Ni 最高抽出率を示す焙焼温度が空気の場合と同様に幾分高い方へ移動することが認められるが、空気の場合より低圧で高い抽出率が得られるので、焙焼温度もわずかながら低い値を選択できそうである。

つぎに大気圧下で各酸素濃度において焙焼時間の経過による抽出率の変化を調べた結果は Fig. 5 のとおりである。

試料は同じくラテライト 2g, 磁硫鉄鉱 6g, 通気量は酸素として $40\text{ cm}^3/\text{min}$, 焙焼温度 540°C である。Ni 抽出率が一定値に達するに要する時間は、磁硫鉄鉱石混合量および通気量が等しければ圧力によつて変化しないことは前報に示したが、Fig. 5 によると空気中の酸素濃度が異なつても、酸素送込量が同じであれば、やはり所要時間にはほとんど差はないように思われる。また Fe 溶解率は、試料がラテライト 2g, 磁硫鉄鉱 6g の場合、空気による時は Ni 抽出率が一定値に達した後でもなお少しづつ増加する傾向にあるが、酸素富化空気を使用した場合には、Ni 抽出率が一定値に達する前からすでに減少過程に入り、時間とともにわずかながら減少が認められ、これも酸素濃度の影響と考えられる。

V. 結 言

ラテライト中の Ni の硫酸化焙焼による抽出法において、加圧空気が Ni 抽出率におよぼす影響の検討に引き続き、空気中の酸素濃度の影響を見るための実験を行なった。その結果、酸素濃度の増加は Ni 抽出率の向上

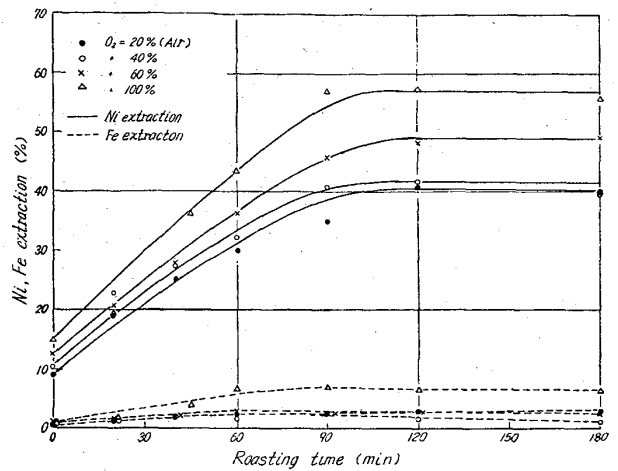


Fig. 5. Effect of roasting time on Ni and Fe extraction.

にきわめて有効であつて、

(1) 空気による焙焼に比して容易に高い Ni 抽出率が得られる。

(2) 圧力は大して高くする必要がない。

(3) Ni 抽出率が一定値に達するまでに要する時間は単位時間当たり酸素送込量が一定であれば差はないが、焙焼の経過において Fe 溶解率が早く減少過程に入り、このことも影響するためか、Ni 抽出率の上昇に比して Fe 溶解損失の増加が少なく、したがつて空気の場合に比して Fe 損失ははるかに少なくてすむ。

などの利点が認められた。

文 献

- 1) 森川, 田中: 鉄と鋼, 48 (1962) 4, p. 421~423

(6) 粘性鉱石について

富士製鉄, 広畑製鉄所 工博 神原健二郎

○藤田慶喜

Study on Sticky Iron Ores.

Dr. Kenjiro KANBARA and Keiki FUJITA.

I. 緒 言

南方産鉄鉱石のあるものはその採掘運搬時がモーンズンなどの雨期に遭遇すると粘性鉱石となつて、製鉄所に到着してもその原料処理に手間取る場合がしばしばある。

これは鉱石自体に粉鉱石の含有する割合が高いことと、粘土、シルトなどの粘性を有する物質が含まれているために原料処理過程でこれらの粘質物を伸介として、鉱石相互間に一種のコヒーションが生じて、ホッパー、振動篩、クラッシャーなどをつまらせ、原料処理能率をいちじるしく低下せしめるからに他ならない。

この作用は、鉱石粒度、含水量、粘質物の性質、粘質物の混入割合などによつて規定されるものであるが、この点に関してまだあまり研究がなされていない。そこでこれらの点を中心に若干の考察を加えてみた。

II. 実験方法, 結果および考察

- (1) 化学組成と鉄系酸化物の形態

Table 1. Chemical compositions and iron oxide component of iron ores.

Ore	Chemical composition (%)					Iron oxide component by X-ray diffraction *		
	T. Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	C. W.	Goethite	Hematite	Magnetite
Dungum	61.41	5.69	3.35	3.18	4.79	+	##	##
Srimedan	58.11	0.96	9.79	2.08	1.49		###	
Brazil	68.45	0.44	0.88	4.57	0.71		###	
Ipoh	61.26	0.18	2.19	2.91	1.83		###	
Kepong	58.60	2.08	5.75	4.41	3.95	+	###	
Tambun	65.83	0.44	1.68	2.28	4.05	+	###	
Larap	56.31	19.89	8.89	2.38	1.25			##
India	64.68	0.55	3.32	2.22	1.46		###	
Chaah	63.67	1.72	3.51	1.52	1.39		###	
Goa	56.82	2.65	2.93	6.53	7.04	##	###	+

* ## strong # medium + weak

実験に供した鉄鉱石の化学組成とX線回折によつて得られたそれらの鉱石中の鉄系酸化物の形態を Table 1 に示す。

(2) 粒度による化学組成の変動

一般に鉄鉱石の鉄分含有量は塊鉱の方が粉鉱よりも高いのが常であるこれは多くの場合粉鉱に母岩の風化生成物が微細な形で混入しているからである。

そしてこれらの脈石成分を伸介として鉱石相互間にコヒーションが生じ、鉱石のみかけのサイズを増大せしめたり、鉱石同士が凝結を起したりして原料処理作業の障害となる。

そこで鉱石中の脈石成分 (SiO₂%, Al₂O₃%) の粒度別の含有量変化を調べてみた。

その結果の代表例を Fig. 1 に示す。

(3) 粉鉱石中の粘質物

粉鉱石に含まれる微細粘質物の性状がいかなるものであるかを調べるために小規模な水洗試験を行ない得られた細粉部分 (粒径 0.05mm 以下, 粒径で分類すればシルト, 粘土に相当する) を採取して調べてみた。

a) 示差熱分析

粉鉱石を水にて沈積分離し得られた泥鉱 (粒径 0.074 mm 以下) について, 加熱速度 10°C/min で示差熱分析を行なった。結果を Fig. 2 に示す。

300°C 土の吸熱ピークは α-Fe₂O₃·nH₂O (Goethite) の脱水によつて Fe₂O₃ (Hematite) が形成されたこと

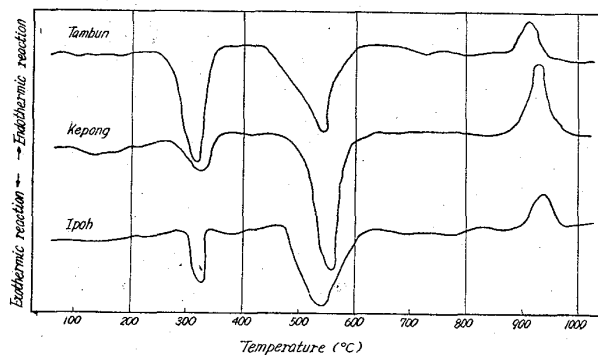


Fig. 2. DTA curves for the slime of iron ores at heating rate of 10°C/min.

を示す。

500~600°C の吸熱ピークおよび 900~1000°C の発熱ピークは, P. F. Kerr¹⁾, 須藤俊男²⁾ らの発表した Kaolinite の DTA 曲線に一致することから粘土質成分は Kaolinite (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O) と思われる。

この場合 500~600°C の吸熱ピークは Kaolinite の結晶水の脱水であり, 900~1000°C の発熱ピークは Kaolinite 格子の崩壊によつて生じた無定形アルミナの γ-Al₂O₃ の結晶化作用によるものであると考えられる。

また発熱ピークが Kerr らの発表したデータより低く 900°C (低温側) によつていことから Kaolinite の結晶度は低く, 格子の崩壊が早目に行なわれたものと推定される。

b) 熱天秤による分析

示差熱分析結果を裏づけるために熱天秤を用いてこれらの泥鉱について加熱減量曲線を求めた。Fig. 3 から分かる通り, 加熱減量は 300°C 土と 500~600°C で見られ, 600°C 以上ではいちじるしい減量は見られなかった。

300°C 土の減量は α-Fe₂O₃·nH₂O (Goethite) の結晶水の逸脱を示す。また 600°C 以上では結晶構造の変化による発熱作用は行なわれるが物質の放出は見られないので重量の変化は見

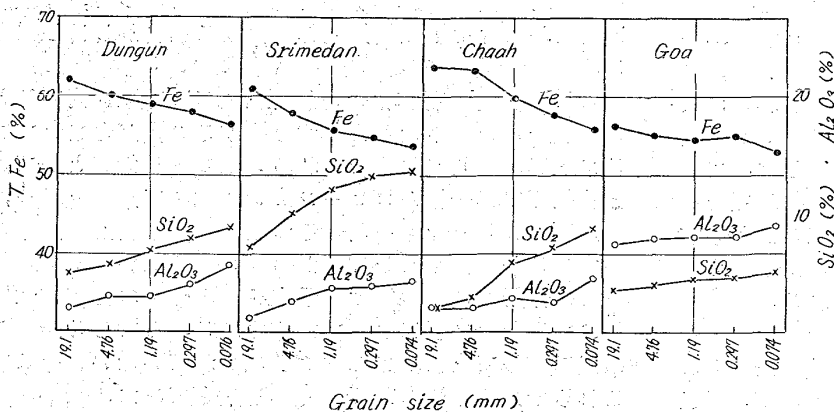


Fig. 1. Relation between chemical compositions and grain size of iron ores.

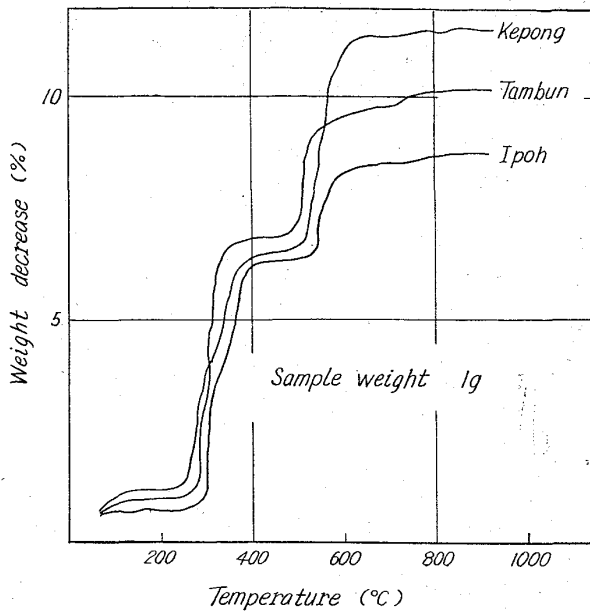


Fig. 3. Differential thermal curves for the slime of iron ores at heating rate of 5°C/min.

られない。

c) X線および電子線回折

Fe-target, Mn-filter を用いて泥鉄の X 線回折を試みた。粘土鉄物としての混入量が少なく、X 線回折の判定も困難であつたが、 $d=4.45(\text{Å}), 3.60, 3.35, 2.37, 2.29, 1.79, 1.62$, の回折ピークより、Kaolinite($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$

$2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) が推定された。

鉄系鉄物と粘質物とがいかなる状態で存在しているかを調べるために電子顕微鏡観察と電子線回折とを行なつてみた。

結晶度が低いために明瞭な六角板状結晶がみられないが、網目模様の Kaolinite に特徴的な回折点のみがみられた。

この網目模様から結晶の逆格子点を求めて、結晶軸 a, b および a 軸と c 軸とのなす角 β との関係进行計算した所、Kaolinite であることが判明した。

(4) 篩分試験

鉄鉄石は一般に粉鉄の含有量および含水量の大きいものほど篩分けがしにくい。今回は鉄石の粒度組成は一定にしておいて含水量のみを変動させ、篩水性におよぼす含水量の影響を調べてみた。

実験条件: ヤードより採取した鉄石を乾燥篩分後、
 $19.1 \sim 4.76\text{mm}$ 70%, $4.76 \sim 1.19\text{mm}$ 20%,
 $1.19 \sim 0.30\text{mm}$ 5%, $0.30 \sim 0.07\text{mm}$ 3%,
 -0.07mm 2%,

の粒度組成に配合した鉄石 3 kg に水分を添加し、ロータップ振盪機を用いて、 4.76mm の篩で 12mm 篩分した。

$$\text{篩分効率}(\%) = \frac{\text{実際に篩目を通過した鉄石量}(g)}{\text{当然篩目を通過すべき鉄石量}(g)} \times 100$$

結果を Fig. 4 に示す。

鉄鉄石の篩分け効率は含水量の増加につれて低下するがある特定の含水量の所で最小の篩分け効率を示し、以後は含水量の増加とともに次第に上昇する。またその最

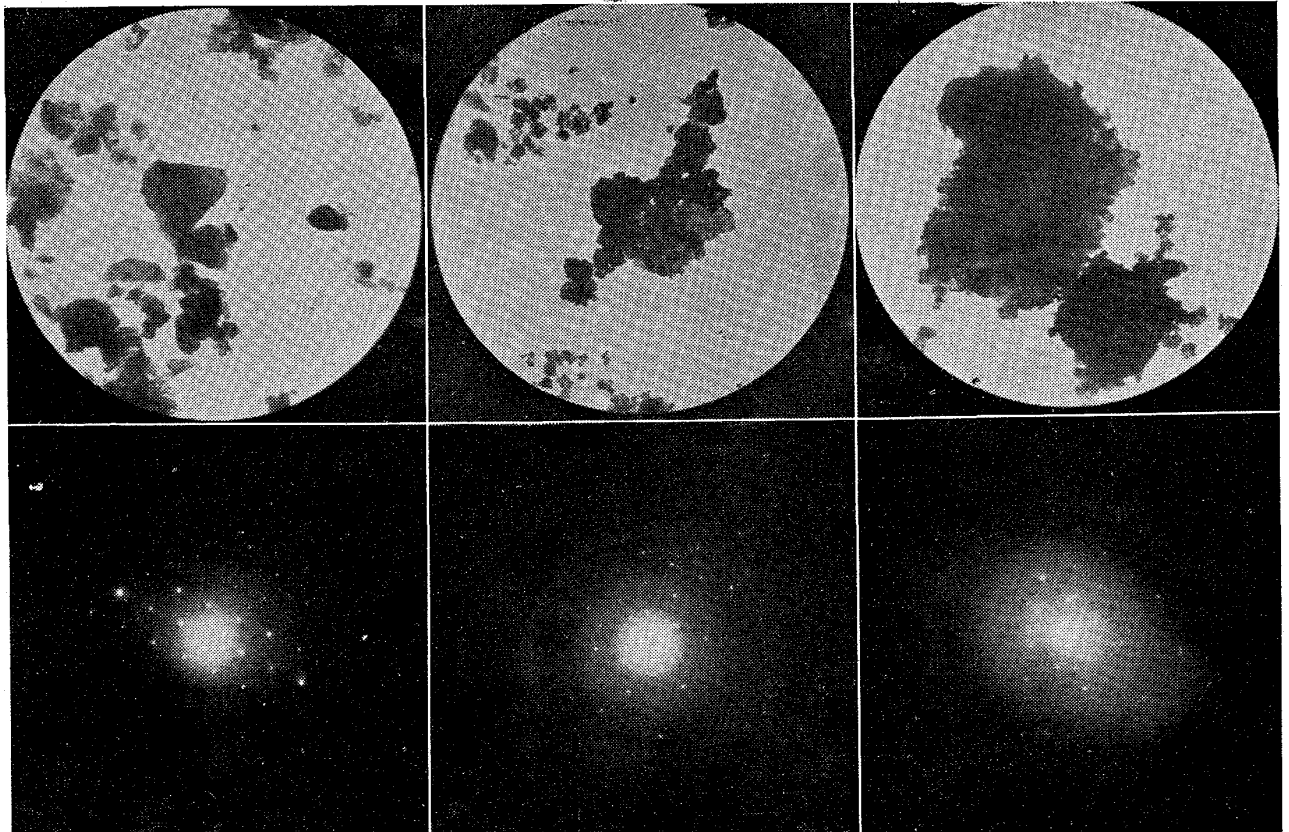


Photo. 1. Electron micrograph (a) and selected area diffraction pattern of kaolinite (b). $\times 5000(4/5)$

Table 2. Results of the Soil Test for the iron particles (by JIS. A 1205·1206).

Ore	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plasticity Index	Flow Index	Saturated moisture (%)
Dungun	28.50	22.46	6.04	8.30	4.9
Srimedan	19.00	16.05	2.95	6.00	6.2
Brazil	11.60	—	—	2.50	1.9
Ipoh	19.70	18.35	1.35	5.50	4.8
Kepong	22.80	20.03	2.77	7.60	7.2
Larap	20.00	15.16	4.84	7.60	2.9
India	27.50	18.12	9.38	9.20	4.2
Chaah	—	15.28	—	—	6.1
Goa	20.90	19.14	1.76	8.20	9.0

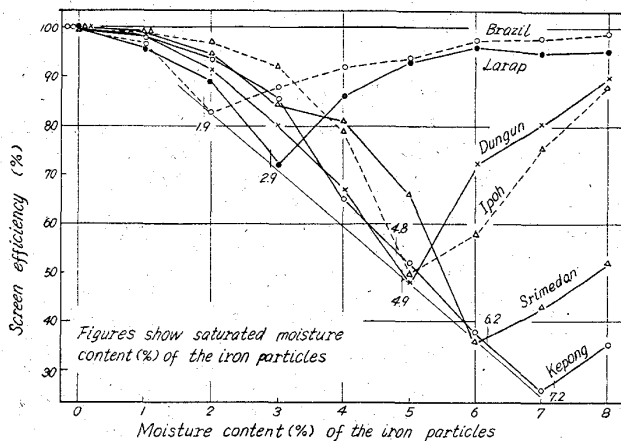


Fig. 4. Effect of moisture in screening iron particles.

小の篩分け効率の値とその時の含水量とは鉄鉱石種によって色々と異なる。しかし最小の篩分け効率を示す点を結ぶと鉄鉱石種を問わずある直線上に並ぶ事実がみられた。そしてこの最小の篩分け効率を示す時の含水量は Fig. 4 に示されているように鉄鉱石の飽和含水量と一致することも判明した。

これは鉄鉱石粒子間のコヒーションは主として鉄鉱石の周囲にある水の表面張力によるものであり飽和状態を過ぎると表面張力の影響が次第に弱くなり、篩分け効率が上昇するからと思われる。

また Fig. 4 から、飽和含水量の大きい鉄鉱石ほど最小の篩分け効率の値が低いことが分った。

5) 土質試験

鉄鉱石中に含まれる粘土などの微粒子は含水量の変化に応じて液体に似た状態から固体状態にまで変化する。

すなわち含水量が極端に大きい時は液性を示し、小さくなるにつれて塑性状態から固体状態になる。つまり含水量の大小によつて液性、塑性、固体に分けられるが、土質工学ではこれらの性質の各限界を液性限界 (Liquid Limit=L.L.)、塑性限界 (Plastic Limit=P.L.) と称し、各々塑性状態から液性状態になる時の含水量、また固体状態から塑性状態になる時の含水量で示す。

鉄鉱石の微粒部分が土質的にどのような性状を示すかを、JIS. A 1205 (液性限界試験法) JIS. A 1206 (塑性限界試験法) によつて調べてみた。

Table 2 で塑性指数 (Plastic Index=P. I.) とは

$P. I. = L. L. - P. L.$ で示され、微粒子の塑性の範囲を示している。

Table 2 から分るように L. L. の高いものに Dungun と India, P. L. の低いものに Srimedan と Larap とがある。Dungun と India については P. I. が高く塑性状態を示す含水量の範囲が広いことを示している。また Ipoh と Goa とは P. I. が低くわずかの含水量の変化で固体から液性に変化してしまう。

一般に鉄鉱石の粘性は固体および液性状態では小さく塑性状態で大きくなる。したがつて細粒部分の含水量が L. L. より大きく、P. L. より小さい液性および固体の側で原料処理をすることが望ましい。

また、P. I. の高い鉄鉱石種 (Dungun, India) は塑性状態を示す含水量の範囲が広いことから考えて粘性鉄鉱石となるチャンスも高いことが分る。

III. 結 言

広畑製鉄所に入荷する外地産鉄鉱石のうち若干の銘柄を選んで主として粘性鉄鉱石研究の立場から考察を加え次の結果を得た。

(1) 鉄鉱石中の脈石成分は鉄鉱石粒が小さくなるほど増加する。

(2) Ipoh, Kepong, Tambun の泥鉄について熱分析, X線回折, 電子線回折を行なつたところ、粘質物は Kaolinite であつた。

(3) 鉄鉱石の篩分性は含水量の増加について低くなるがある特定の含水量の所で最小となり、以後は次第に高くなる。そしてその特定の含水量とその鉄鉱石の飽和含水量とは一致する。

(4) 飽和含水量の高い鉄鉱石は篩分効率の最小値は小さい。

(5) 微粒鉄鉱石に土質試験法を適用し適正な原料処理をする場合の細粒部分の含水量の限界値、および粘性鉄鉱石になりやすい鉄鉱石を推定した。

文 献

- 1) P. F. KERR: Am. Petroleum Inst., Project 49, Clay Mineral Standard (1949)
- 2) T. SUDO: J. Geol. Soc. Japan, 58 (1952), p. 115~130