

第73回(春季)講演大会講演論文集(I)*

第1会場(ペレット製造)

(1) 高炉ガス灰の顕微鏡分析について

八幡製鉄, 東京研究所

理博 近藤真一・佐々木稔・○中沢孝夫
Study on the Microscopic Analysis of Blast
Furnace Dust

Dr. Shinichi KONDŌ, Minoru SASAKI
and Takao NAKAZAWA

1. 緒言

高炉装入物の粉化は装入物の性質および高炉の操業状況がたがいに影響し合つて起こるので、装入原料の粉化性を正確に評価するためには、回転還元試験や熱間性状試験だけでなく、やはり実際の高炉から排出されるガス灰を調べて各装入原料ごとに粉化の割合を知らなければならぬ。このためには、ガス灰中の各粒子の組織的特徴を観察し装入原料との対応をつけて含有率を測定する“顕微鏡分析”が行なわれるが、これまで測定精度のはつきりした迅速な方法は確立されていない。

このような目的から、比較的簡便と予想される方法、すなわち篩分けしたガス灰試料をそのまま検鏡して分析する方法(直接検鏡法)と、適当な比重液を使つて単体のコークス粒子を除いた部分について分析する方法(重液分離検鏡法)の二つを考案して検討した結果、後者の方が正確度が高くしかも測定者の疲労も少ないことがわかつた。これらの結果について以下に報告する。

2. 試料および測定方法

ガス灰試料は、当社堺製鉄所1号高炉で昭和40年11月から41年2月末の間を7区分し、乾式集塵器より採

取したものである。この期間の高炉装入物の配合割合はTable 1に示す通りである。

直接検鏡法では、篩分けして粒度をそうえたガス灰の顕微鏡試料作成に際し、低粘度の埋め込み樹脂を使うなどしてガス灰粒子の偏析が起こらないようにくに注意を払つた。重液分離検鏡法では、各篩分け試料を四臭化エタンと四塩化炭素の1対1混合液(比重約2.4)を使つて分離し、単体のコークス粒子を除去した重留分の検鏡試料を作つて分析した。

ガス灰粒子の測定は、粒子3~4個を含む視野を60~70任意に選び、次章に述べる分類にしたがつて各種粒子の数をかぞえ、それぞれの個数比率を求めたあとで各粒子の見掛け比重をかけて当該fractionでの重量比率を算出し、最後に全fractionの重量含有率を計算した。

3. ガス灰中各種粒子の分類

顕微鏡下でその組織的特徴に応じて、以下の13種類の粒子に分類した

(1) 焼結鉱粒子: 焼結鉱の生粉および還元粉。仮定見掛け比重 4.3

(2) ペレット粒子: 特有のヘマタイトあるいはスラグ結合から判別する。仮定見掛け比重 4.0

(3) ヘマタイト粒子: 主としてインド鉱石に由来し、板状の大結晶より成る。仮定見掛け比重 5.2

(4) ポーラスマグネタイト粒子: 風化ヘマタイトとゲーサイトが大部分で多孔質であるが、1次のマグネタイトが残っているので、一応マグネタイト粒子と分類した。大部分がゴア鉱石に由来する。仮定見掛け比重 4.2

Table 1. Composition of raw materials.

Period	I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)	VI (%)	VII (%)
Sinter	—	—	—	—	43.0	53.2	53.7
Pellet	22.7	30.0	36.3	41.3	12.8	7.2	11.4
Iron ores	42.7	36.2	29.6	25.3	15.5	13.9	9.4
Indian	(7.4)	(7.8)	(7.2)	(3.6)	—	—	(2.8)
Goa	(10.8)	(10.1)	(5.7)	(2.0)	(0.1)	(0.3)	(0.3)
Others*	(24.5)	(18.3)	(16.7)	(17.0)	(15.4)	(13.6)	(6.3)
Manganese ore	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7	0.3	0.2
Converter slag	1.4	1.5	1.5	1.5	1.8	0.8	0.8
Quartzite	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	—	—
Lime stone	7.7	7.5	7.6	7.0	2.6	1.1	1.1
Coke	24.3	23.7	23.7	23.7	23.5	23.4	23.2
Coke ratio(kg/p.t)	602	533	522	520	516	506	512
Average dust volume(%)	46.2	29.9	25.2	24.5	18.2	11.2	6.9

* Adrianitas, El tofo, Marcona, Eagle Mt., and Rompin ores.

* 講演論文原稿受付日: 昭和41年11月15日

(5) コンパクトマグネタイト粒子: 主としてインド, ゴア以外の生鉱石に対応する。風化ヘマタイトおよびゲーサイトが少ない。仮定見掛け比重 5.1

(6) ポーラス還元鉄粒子: ペレット, ゴアおよび他の多孔質鉱石に由来。気孔の多い金属鉄あるいはその再酸化物粒子。仮定見掛け比重 4.7

(7) コンパクト還元鉄粒子: インド, ゴア以外の生鉱石に由来し, 還元物の同心円的構造が特徴。仮定見掛け比重 5.2

(8) 鉄マンガン粒子: 還元されてスケルトン構造。仮定見掛け比重 3.8

(9) スラグ状粒子: 転炉滓に由来し, 球状の金属鉄と粒状 wustite が共存。仮定見掛け比重 3.0

(10) 石英粒子: 主として装入した珪石に由来。仮定見掛け比重 2.7

(11) 方解石粒子: 石灰石より由来し, 特有の劈開を示す。仮定見掛け比重 2.7

(12) コークス粒子: 独特の形態と球形空孔。仮定見掛け比重 1.9

(13) granule: 各種の極微粒子の凝集体。ガス灰試料採取の際, 撒水するために生じたもの。仮定見掛け比重 3.5

この分類基準によると, 対応する装入原料として二つ以上の銘柄をもつものがあるが, これは装入原料自体の鉱物組織が類似していることと, 還元変質したものはもとの鉱物組織の特徴を失なっている場合があるためである。

4. 測定結果

4.1 測定個数の検討

ガス灰には粒子の種類が多いので, 顕微鏡下で測定する個数を最低何個とすべきかを明らかにする必要がある。

そこで測定総個数を 100, 200, および 300 個までかぞえた場合の個数比率を求めた。その結果の一例を Table-2a) に示す。これを見ると 100 個以上ではどれも大きな差異は認められない。しかし 100 個と 300 個では粒子の種類によつて若干の差があるので, 測定個数としては 150~200 個をかぞえるのが妥当と思われる。

4.2 二つの分析法の比較

同一試料について, 直接検鏡法と重液分離検鏡法とで分析した結果を Table-2b) に示す。ここでは直接検鏡法の結果はコークス粒子を除いて算出した個数比率をとつて, 重液分離検鏡法との比較ができるようにしてある。結果はどの粒子についてもほとんど同一の個数比率になっている。ただし含有量の少ない粒子についてはわずかにバラツキが認められるが, これは両法での粒子の判定に若干のちがいがあつたためと思われる。コークス粒子を含んだまま検鏡する直接検鏡法では, 様々な反射色を示すコークス粒子が存在するので他の粒子の判定を間違つたことが原因であろう。

4.3 測定すべき篩分け粒度の選定

篩分けした全粒度を検鏡分析してガス灰中の各種粒子の含有率を求める方法はやはり相当長時間を要するので, 次のような簡便法を考案し検討を行なつた。それは fraction % の高い 3 粒度をとびとびに選び, 隣り合う粒度での組成は, コークス粒子については重液分離での軽留分%を, 他の粒子については隣り合つた二つの粒度の分析値の平均をとつて推定する方法である。この 3 粒度の分析値にもとづいて算出したガス灰中の各種粒子含有率と, 全粒度の分析値をもとにした含有率とを Table-2c) に示したが, 両者はほとんど差が見られず良い一致がえられることがわかつた。

Table 2. Results of microscopic analysis of the dust sample V.

Species	Content of each kind of particles						
	Ratio of number (100~150 mesh)					c) Ratio of weight (in exhausted dust)	
	a) Particle number in analysis			b) Comparison of two method		C** (%)	D** (%)
	100 (%)	200 (%)	300 (%)	A* (%)	B* (%)		
Sinter	32.0	30.0	28.4	28.9	28.4	27.5	27.8
Pellet	—	—	—	0.5	—	0.7	2.0
Hematite	—	—	—	0.5	—	0.1	0.3
Porous magnetite	10.0	8.5	6.9	8.4	6.9	4.2	4.5
Compact "	11.0	14.0	13.2	13.0	13.2	7.3	7.4
Porus matallic Iron	15.0	15.0	15.2	13.0	15.2	7.2	7.1
Compact " "	16.0	13.5	13.9	10.1	13.9	4.1	3.3
Manganese ore	1.0	1.0	0.7	2.9	0.7	0.2	0.2
Slag	1.0	3.0	5.0	7.7	5.0	3.0	4.1
Quartz	3.0	4.0	5.9	4.2	5.9	2.1	1.7
Calcite	4.0	3.0	3.3	2.9	3.3	2.1	1.2
Granule	7.0	7.0	6.9	7.7	6.9	3.2	3.7
Unknown	—	0.5	0.7	—	0.7	0.3	0
Coke	—	—	—	—	—	37.9	36.5
Total	100.0	99.5	100.1	99.9	100.1	99.9	99.8

* The sample for analysis was pretreated with heavy medium in B method and not in A

** All sieved-fraction was analyzed in C and only three fraction in D

Table 3. Results of microscopic analysis by the correct method (wt.,-%).

	Sinter			Porous magnetite			Compact magnetite		
	reduced	non reduced	total	Goa	others	total	Goa	others	total
I	—	—	—	13.2	4.0	17.2	0.3	17.6	17.9
II	7.1	20.4	27.5	2.5	1.7	4.2	0	7.3	7.3

	Porous metallic iron				Compact metallic iron			
	Pellet	Goa	others	total	hematite	Goa	others	total
I	0.3	8.2	3.5	12.0	0.3	0.2	7.7	8.2
II	1.1	3.1	3.0	7.2	0.1	0.2	3.8	4.1

Table 4. Pulverizing ratio of raw materials (wt.,-%).

Species	Period							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Pellet	0.14	0.14	0.09	0.14	0.13	0.02	0.03	
Sinter	—	—	—	—	0.49	0.30	0.14	
Indian ore	0.28	0.44	0.60	0.59	—	—	0.07	
Goa ore	2.76	2.22	2.60	5.12	7.27	—	2.21	
Others magnetite ore	1.94	1.50	1.00	1.00	0.54	0.42	0.37	
Manganese ore	3.79	3.07	1.26	1.38	1.42	0.79	0.65	
Converter Slag	5.71	7.56	6.34	4.01	1.98	1.53	0.92	
Quartzite	10.9	12.7	4.8	11.4	23.5	—	—	
Lime stone	0.25	0.61	0.18	0.38	0.41	0.46	0.57	
Coke	1.93	1.59	1.81	2.10	1.34	0.89	0.64	

5. ガス灰粒子の細分類による測定

ガス灰組成を求める究極の目的は、装入原料の粉化率を知ることにある。前述の迅速法の結果でも十分にこの目的を果せるが、一部分銻柄性をもう少し正確にしたいものがある。そこで数種の粒子について、つぎのような細分類による分析を試みた。

(1) 焼結銻およびペレット粒子

未還元のものとして還元を受けた粒子とに分類した。

(2) マグネタイト系粒子

ポーラスおよびコンパクトなマグネタイト粒子は、注意深く観察すればゴア銻石はほぼ間違いなく判定できる。しかし一次のマグネタイトがきわめて少ない粒子では銻柄性を確定できないので、ゴア銻石に由来する未還元のものとして還元を受けた粒子とに分類した。

(3) 還元鉄粒子

ゴアとその他のマグネタイト銻石、あるいはペレット焼結銻、ヘマタイトなどに由来すると確実に判定できるものを分類して測定した。

以上の細分類にしたがった測定は、前法に比べてはるかに長時間を要し、しかも測定者の疲労度も高いので迅速法とはなりえないように思われた。さて測定結果の一例を Table 3 に示したが、焼結銻の 7 割以上は生粉であつて還元粉はあまり多くないこと、ポーラスマグネタイト粒子の 8 割近くがゴア銻石が多くペレットは割合に少ないことがわかるであろう。

6. ガス灰中への飛出し率

細分類による分析結果をもとにして、ガス灰中の銻柄性の明確な各種粒子の対応原料からの粉飛出し率を算出

した結果が Table 4 である。ペレット、焼結銻の塊成銻からの飛出し率は非常に低いが、ゴア銻石、コークスは高い飛出し率を示す。また、副原料の中にも高い飛出し率を示すものもある。さらに全期間を通じて興味あることは、操業条件も考慮する必要はあるが、焼結銻を使用し始めるとペレット、生銻石および副原料の大部分のもの飛出し率が一様に下がることである。この事実は焼結銻の有用性をいまひとつ付け加えるものと思われる。

7. 結 言

高炉装入原料の粉化性を知るために行なうガス灰の顕微鏡分析の迅速法をいくつか考案し、堺製鉄所 1 号高炉ガス灰を試料として検討した結果、篩分け試料を適当な比重液を使つて単体のコークス粒子を除いた部分について、各種のガス灰粒子を一定の分類にしたがって測定する方法が容易であり、測定粒子の総個数も 150~200 個で十分であることがわかつた。さらに、測定は全粒度について行なう必要はなく、fraction % の多い粒度をとびとびに選んで分析し、それをもとに他の粒度での組成を適当な方法で推定しても、実際の分析値とほとんど一致する結果をえることができた。各粒度での組成をもとにガス灰中の各種粒子の含有率を算出し、対応する装入原料からの飛出し率を求めたが、ペレットおよび焼結銻の飛出しは他の装入原料に比べてきわめて少ないこと、さらに焼結銻の使用は他の原料の飛出しを抑制する傾向のあることが見いだされた。