

論 文

UDC 669.162.263.24 : 669.046.582 : 622.341.1-188 : 622.341.1-185

高炉融着層におけるペレットおよび焼結鉱の挙動*

成田 貴一**・前川 昌大***・金山 宏志***

Behaviors of Pellets and Sinter in the Cohesive Zone of Blast Furnace

Kiichi NARITA, Masahiro MAEKAWA, and Hiroshi KANAYAMA

Synopsis :

An investigation has been carried out into physical and chemical behaviors of sinter and pellets taken from the cohesive zone of Amagasaki No. 1 BF.

The results obtained are summarized as follows :

- 1) The cohesion of burden materials in the early stage takes place by sintering of M-Fe particles formed on their surfaces.
- 2) Wustite remaining mainly in central part of pellets melts at 1 350°~1 400°C and exudes to the outside.
- 3) Sinter tends to have higher values of reduction degree, alkali and S contents than pellets because of the easier contact with ascending gas.
- 4) Alkali content in burden materials becomes higher with the progress of cohesion and kalsilite is formed in slag phase. Furthermore, glassy silicate as the main slag phase in lumpy ore contains a large amount of alkali.
- 5) With the progress of reduction of wustite to M-Fe, MgO content in residual wustite becomes higher and a part of MgO forms merwinite in slag phase.

1. 結 言

尼崎 1 号高炉解体調査で得られた炉内断面観察結果および各成分の炉内分布状況などの概要については第 1 報¹⁾に報告したとおりであるが、本報では軟化・融着帯における装入物の挙動に着目して次のような 2, 3 の調査を行った。

まずドロマイト添加ペレットの炉内挙動を把握するという観点から軟化・融着帯におけるドロマイト添加ペレットおよび焼結鉱の軟化、融着、溶け落ち挙動を調査した。従来、ドロマイト添加ペレットの性状については机上実験によつて詳細に調査されてきた^{2)~4)}が、実炉内での挙動についてはまだ十分に研究されていない。またすでに実施された解体調査^{5)~11)}でもペレットに関しては主として酸性ペレットを装入した場合であるためドロマイト添加ペレット使用による高炉操業成績向上⁴⁾の原因を明確にするうえでも新たにドロマイト添加ペレットの実炉における挙動を明らかにする必要があつた。

また軟化・融着帯におけるドロマイト添加ペレットお

よび焼結鉱中のアルカリ、Zn, S などの炉内循環成分の挙動を調査した。従来、炉内におけるこれらの循環成分の挙動、特にアルカリの挙動については耐火物の侵食¹²⁾、付着物の生成¹³⁾およびヨークス性状の劣化¹⁴⁾¹⁵⁾と関連して鉱物学的にかなり詳細に研究されているが、装入物中のアルカリに関する鉱物学的研究はほとんどみられない¹⁶⁾。そこで本報は装入物の軟化、溶け落ち挙動におよぼすアルカリの影響を明らかにするための基礎として鉱物学的な調査を行った。

2. 調 査 方 法

2.1 装入試料

尼崎 1 号高炉吹き止め時の装入物はドロマイト添加ペレット (以下ペレットと略す) 40%, 焼結鉱 40%, 残り 20% はインド鉱石 および マウント・ニューマン鉱石である。これらの装入物の化学組成を Table 1 に示す。

2.2 試料採取位置

融着帯試料の採取位置を炉内温度分布および融着帯分布とともに Fig. 1 に示す。本高炉の融着帯分布は南側

* 昭和 53 年 10 月本会講演大会にて発表 昭和 55 年 4 月 9 日受付 (Received Apr. 9, 1980)

** (株)神戸製鋼所中央研究所 工博, 理博 (Central Research Laboratory, Kobe Steel, Ltd.)

*** (株)神戸製鋼所中央研究所 (Central Research Laboratory, Kobe Steel, Ltd., 1-3-18 Wakinocho Fukiai-ku Kobe 651)

Table 1. Chemical composition of burdens (%).

Kinds of burden	T.Fe	M.Fe	FeO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Zn	S
Dolomite pellets	60.4	0.19	0.40	5.53	3.84	1.72	1.40	0.36	0.048	0.041	0.008	0.011
Sinter	57.0	0.52	9.66	9.86	5.68	2.66	0.22	0.12	0.053	0.084	0.036	0.008
India ore	67.2	0.09	<0.1	0.06	0.94	0.92	0.12	0.02	0.058	0.007	0.004	0.002
Mt. Newman ore	69.0	0.20	0.10	0.03	1.17	0.29	0.21	0.01	0.002	0.003	0.004	0.003

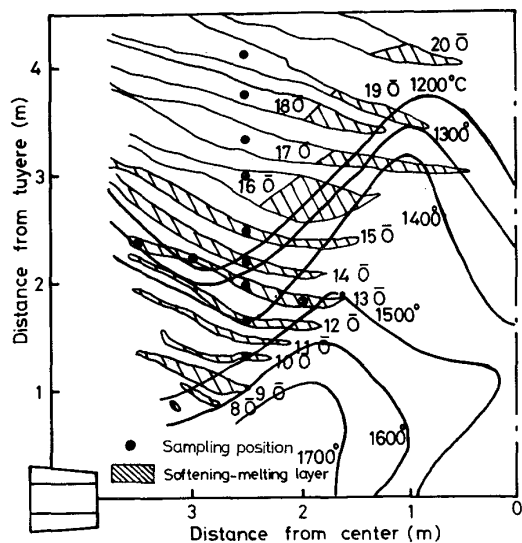


Fig. 1. Sampling position of cohesive samples.

断面が逆V型、北側断面がV型分布であり、かつ中心部では融着層が羽口レベル以下まで存在した¹⁾。そこで逆V型の融着帯分布を示している南側断面を選び、中心から南側に2.5mの位置の融着開始から熔融直前までの試料を高さ方向に採取した。また半径方向の変化も調べるため13 $\bar{O}$ の融着層を選んで半径方向に数点試料を採取した。なお13 $\bar{O}$ は吹き止め時に羽口レベルに降下すると推定した鉱石層を1 $\bar{O}$ とし、上に順番に数えた13番目の鉱石層を表す。

3. 融着層における装入物の融着および溶け落ち挙動

3.1 融着試料の断面観察

採取試料のうち中心から南へ2.5mの位置(S-2.5)で採取した19 $\bar{O}$ から10 $\bar{O}$ までの試料断面をPhoto. 1に示す。19 $\bar{O}$ 付近から鉱石粒子間の融着が始まるが、融着の程度は小さく、指で簡単に鉱石粒子を分離することができる。鉱石の軟化状況を見るとペレットと焼結鉱はこの段階ではほとんど軟化していないが、塊鉱石は軟化が顕著で、特にペレットをとり囲むように軟化し、結合している。16 $\bar{O}$ 付近ではペレットと焼結鉱も軟化し始め、

融着粒子数が増加している。また融着の程度も強固になり、もはや指による分離が困難となる。13 $\bar{O}$ (約1350°C)では融着程度がさらに顕著となり、強固な岩盤が形成されているが、まだ鉱石種の判別は可能である。しかし12 $\bar{O}$ (約1450°C)に至るともはやそれが不可能となり、スラグとメタルの凝集、分離が始まっている。10 $\bar{O}$ (約1500°C)においては融着層内部が半熔融で、表面が熔融と溶け落ち寸前の状態を示している。

また13 $\bar{O}$ からわかるようにwustite coreを有するペレットや塊鉱石がかなり観察されるが、その場所は融着層中心部で多く、融着層内でも還元率の差のあることが推測される。いつばう、wustite coreが存在しない融着層も多数存在し、高炉内におけるガス流の不均一性によつて装入物の還元状況も異なるものと考えられる。このwustite coreは12 $\bar{O}$ 付近に至ると熔融して外部にしみ出すため、空洞を有する粒子が観察される⁷⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。

3.2 装入物の融着挙動

鉱石類の融着は2, 3個の鉱石粒子の結合から始まり、温度の上昇に伴つてしだいに結合粒子数が増加し、ついには岩盤の形成に至る。ここで2, 3個の粒子が結合した融着初期において結合した鉱石の組み合わせを調査した結果、Photo. 1からもわかるようにペレット-塊鉱石の組み合わせが最も多く、以下ペレット-焼結鉱、ペレット-ペレットの順になつている。

結合粒子界面の顕微鏡組織観察によると15 $\bar{O}$ 付近までは界面にスラグの滲出は認められないが、温度の上昇に伴つて14 $\bar{O}$ 付近から界面にスラグの滲出が認められるようになる。

以上から鉱石類の融着の初期には鉱石類の軟化後、鉱石粒子間の接触面積が増加し、接触部の金属鉄粒子相互のsinteringによつて鉱石粒子間の結合が起こるものと考えられる。したがって融着初期の結合には表面形状等の物理的な性状のみが関与し、表面がなめらかで球形のペレットと軟化しやすい塊鉱石の組み合わせが接触面積が大きい理由から多くなる。しかしながらこの段階ではまだ温度が低いため金属鉄粒子のsinteringもそれほど

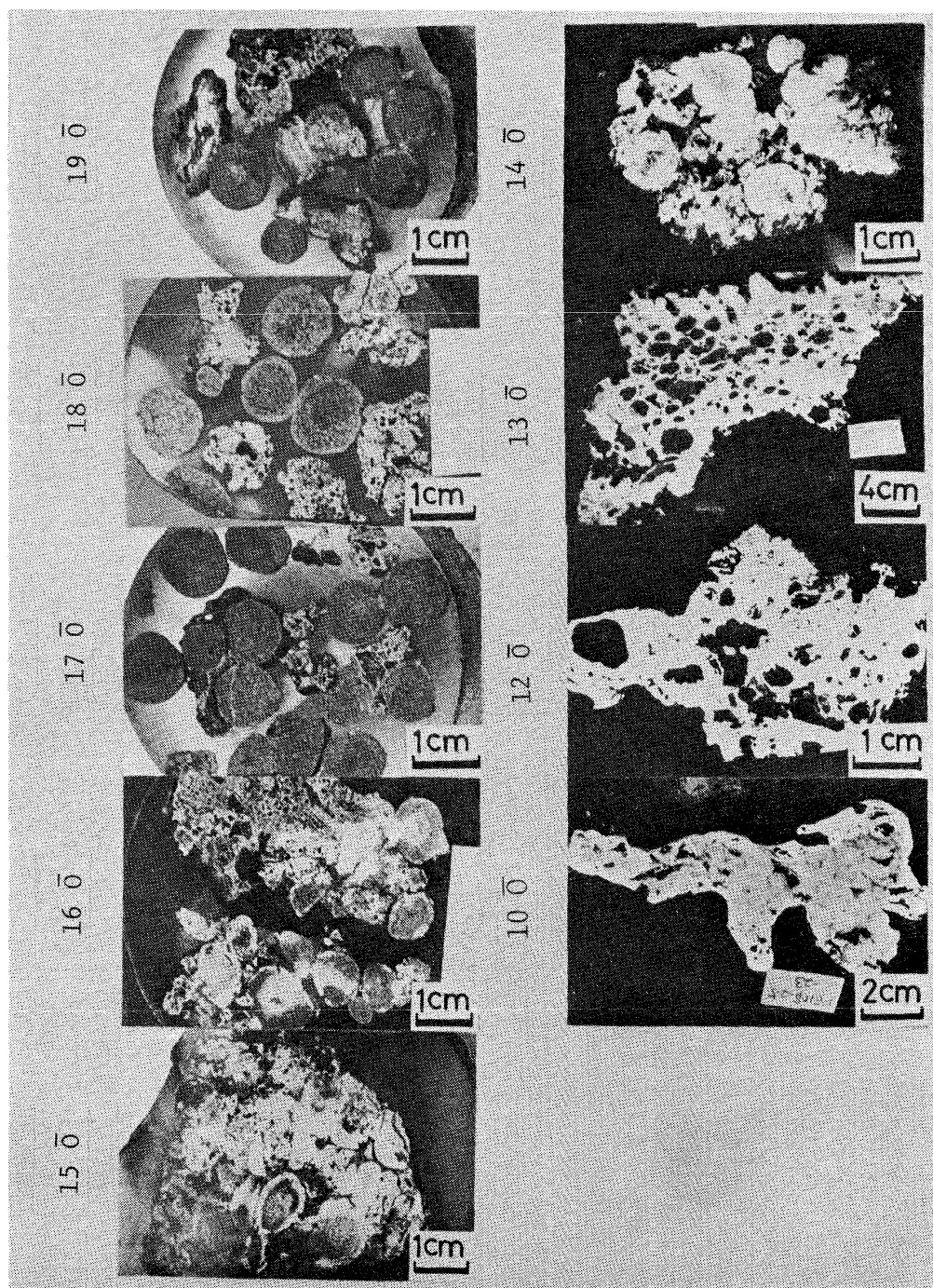


Photo. 1. Cross sections of cohesive samples (S-2.5).

強固でない。

ついで温度の上昇に伴って粒子内部で生成した熔融スラグが粒子表面にしみ出て来て粒子表面を濡らす¹⁷⁾。このような条件下では粒子表面の金属鉄粒子の移動も容易になり金属鉄粒子の sintering も促進される結果、結合は強固になる。

3.3 装入物の溶け落ち挙動

Fig. 2 に装入物の塩基度とスラグ量の高さ方向における変化を示す。図中にはペレット、焼結鉱および塊鉱石

を含む全鉱石の装入前の値も併記した。塩基度はペレット、焼結鉱とも装入前付近の値で推移し、鉱石種の判別が不可能となり混合物として採取した試料では全鉱石平均に近い値を示している。したがって融着が進行しても装入物の塩基度は装入前の値からあまり変化していない。いつぼう、スラグ量は融着初期では装入前の値とほぼ同じであるが、融着が進行して鉱石種の判別が不可能となる 120 から急激に減少して装入前の全鉱石平均値よりも低い値を示している。

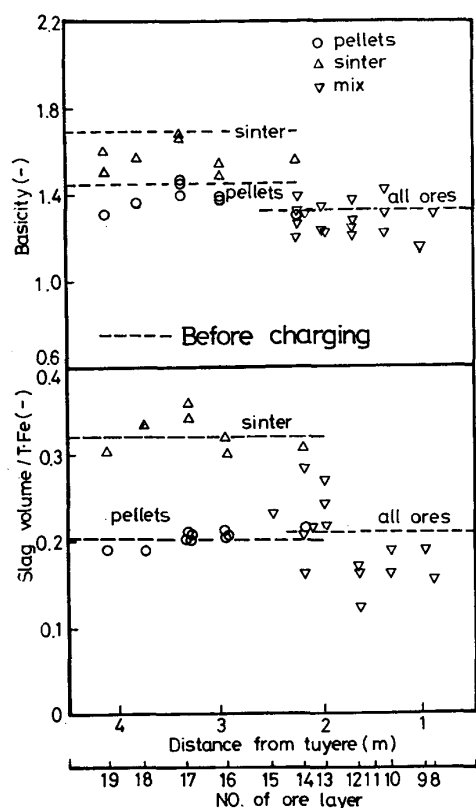
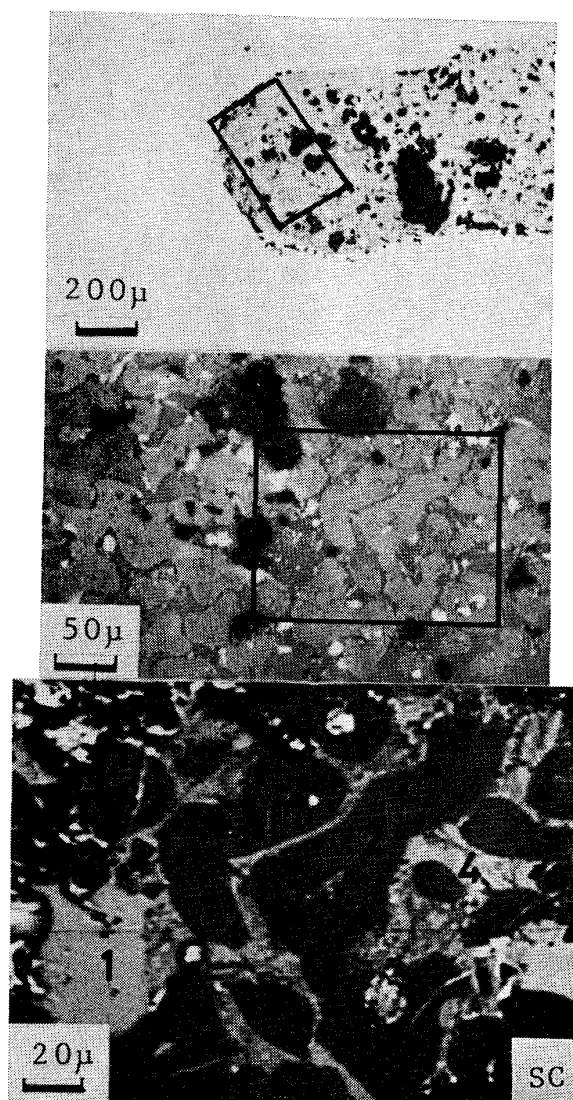


Fig. 2. Change in basicity and slag volume for burdens.

Table 2. Change in FeO content in slag and ore.

No. of ore layer	Temp. (°C)	Kind of ore	FeO content in slag (%)	FeO content in ore (%)
14O	1300	Pellets Sinter	5.2~7.0 4.4~7.3	30.1 7.2
13O	1350	Pellets Sinter	2.6~8.5 1.5~2.0	7.2~29.7 9.7~10.8
12O	1450	Mix	0~0.3	1.3
10O	1500	Mix	0~0.8	1.7

Table 2 に鉱石中の FeO 分析値と XMA (X線マイクロアナライザー) で定量したスラグ中の FeO 含有量の変化を示す。鉱石中の FeO は 14O および 13O ではかなり含有されていたのが、12O では急激に減少し、かつスラグ中の FeO の値も同様に 12O では減少している。したがって Fig. 2 および Table 2 から 13O~12O 付近で wustite core 部の wustite とスラグが低融点の融液を作り、その一部が鉱石粒子外部にしみ出した⁷⁾¹⁷⁾¹⁸⁾ものと考えられる。wustite core が熔融してしみ出す温度は以前行つた机上実験¹⁷⁾では 1350°C 付近から wustite の融点までの間であり、本調査の結果とほぼ一致している。



NO.	As oxide (%)										Phase
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	Sum	
1	1.55	9.36	11.13	37.1	0.01	0.79	40.1	0.16	-	90.1	Melilite
2	0.19	0.18	0.19	32.0	0.02	0.25	67.3	0.08	-	90.1	C ₂ S
3	0.56	1.26	1.37	8.67	0.03	0.41	44.6	43.3	-	94.7	Perovskite
4	0.87	0.19	10.2	38.1	0.24	9.31	35.9	54.6	-	93.3	

Photo. 2. Chemical composition of mineral phases in residual slag determined by XMA (13O S-3.5).

Photo. 2 にスラグ・メタルの分離がかなり進行して溶け落ち寸前のメタル中に残留したスラグの顕微鏡組織およびスラグ鉱物相の定量結果を示す。メタルにとり囲まれて残留したスラグには高融点の dicalcium silicate が多量に存在し、そのためメタル中に残留したと思われる。

橋爪ら¹¹⁾は溶け落ち前の鉱石層でスラグ塩基度が上昇する場合を報告し、高塩基度スラグの残留量が多いことを指摘したが、本調査では Fig. 2 の結果からスラグ塩基度が上昇する傾向はみられず、高塩基度スラグのメタル中への残留量はそれほど多くなかつたと考えられる。

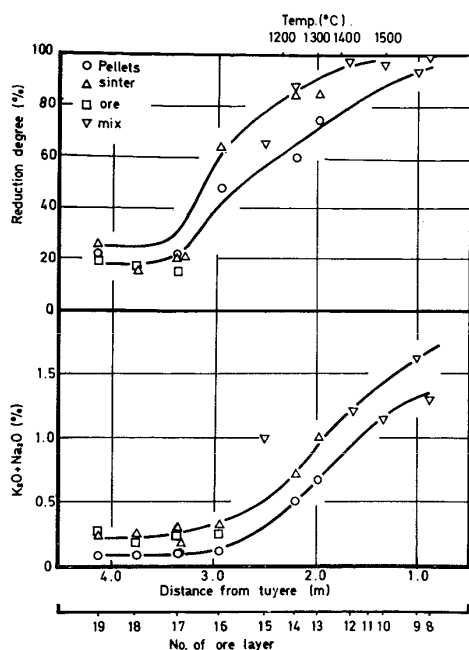


Fig. 3. Change in reduction degree and alkali content of burdens.

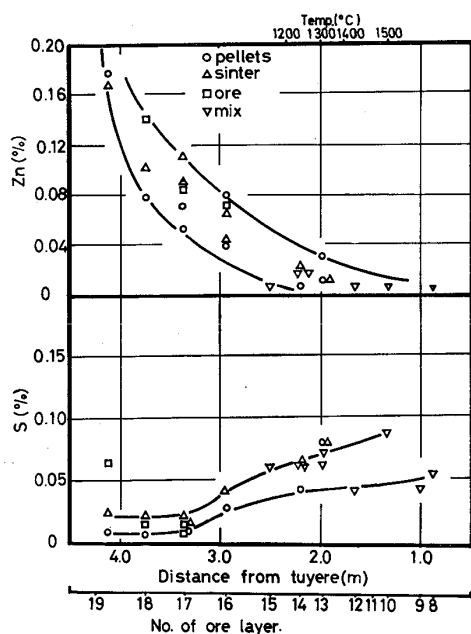


Fig. 4. Change in Zn and S content of burdens.

Photo. 1 からわかるように 10 $\overline{O}$ では鉱石粒子の判別が不可能な 1 枚のメタル板になつていますが、顕微鏡組織観察によると融着層内部と表面とでメタルの凝集程度がかなり異なり、表面ではメタルの凝集が顕著でメタルとスラグの分離が完了している。したがって融着層の溶融はコークスとの接触による滲炭が容易で、かつガスからの熱を受けやすい融着層の上、下面といった表面から進行していくものと考えられる。

さらにペレットと焼結鉱の溶け落ち状況および溶け落

ち温度等も調査したが、混合装入のため融着が進行すると両者の判別が困難になるため詳細な知見は得られなかった。しかし両者の溶け落ち温度に極端な相違はないように感じられた。

4. 融着層における各種成分の変化

4.1 炉内高さ方向の成分変化

Fig. 1 に示した S-2.5 の位置で高さ方向に採取した試料の還元率およびアルカリ (K_2O+Na_2O) 含有量の変化を Fig. 3 に、また Zn と S 含有量の変化を Fig. 4 に示す。還元率は 16 $\overline{O}$ 付近から金属鉄の出現に伴って急激に上昇し、溶け落ち寸前では 100% 近い値に達している。16 $\overline{O}$ より上部でも金属鉄までの還元は進行していたと考えられるが、注水冷却時の再酸化のため金属鉄粒子が消滅したものと推測される。しかしこの再酸化も温度の上昇に伴う金属鉄粒子の sintering, 気孔の閉塞等によつて進行しにくい状況になり、急激な還元率の上昇を示すことになる。

アルカリ含有量も還元率の上昇に伴って 16~15 $\overline{O}$ 付近から増加し始め、装入物が溶け落ちるまでは単調に増加し、最大 1.5% 前後の値に達している。

ZnO は 1000°C 以上の温度で還元揮発するため^{6) 11) 19)}、Zn 含有量は融着層内では温度の上昇に伴って急激に減少し、装入物の溶け落ち前ではほとんど 0 に近い値となつている。S 含有量もアルカリと同様に 17 $\overline{O}$ 付近から増加し始め、その後単調に増加している。

4.2 融着層内の成分変化

Photo. 3 に 13 $\overline{O}$ (S-2.5) 融着層の上, 中, 下の位置における還元率およびアルカリ含有量を示す。ペレットの還元率は wustite core が認められる中部で最も低い値を示しているのに対し、焼結鉱は下部程高い。またペレットと焼結鉱を比較すると下部ではほぼ同じ還元率を示すが、上, 中部では焼結鉱の方が高い。

アルカリの含有量は下部程高い値を示しており²⁰⁾、高炉下部からのアルカリ蒸気を含むガスによつて装入物中のアルカリ移行が起こることがわかる。

Photo. 3 には XMA 分析による wustite 中の MgO 含有量ならびにスラグ中 FeO 含有量の定量結果も併記した。wustite 中の MgO は焼結鉱ではほとんど含まれていないのに対し、ペレットでは多く含まれ、特に高還元率を示す下部では高い値を示している。いづれもスラグ中の FeO 含有量は上, 中部において還元率の低いペレットの方が焼結鉱に比べてかなり高い値を示すが、下部では還元率の上昇により焼結鉱に近い値まで減少している。これからスラグ中の FeO 含有量は還元率に依存

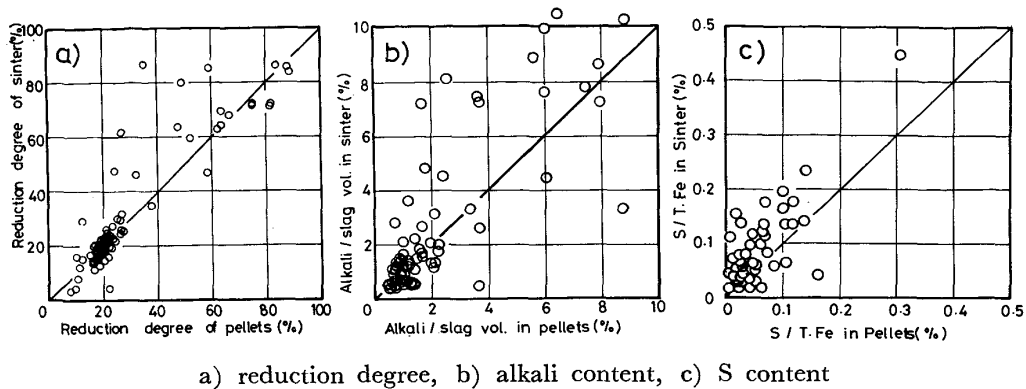


Fig. 5. Comparison of pellets and sinter about reduction degree, alkali and S content.

Position	Kind of ores	Chemical analysis (%)			Analysis by EPMA (%)	
		Red. deg.	K ₂ O	Na ₂ O	MgO in Wustite	FeO in slag
Upper	Pellets shell	72.65	0.18	0.09	2.00	7.09
	Sinter core	80.82	0.31	0.10	2.31	8.51
Middle	Pellets shell	60.92	0.55	0.12	2.65	6.10
	Sinter core	81.57	0.83	0.19	2.34	6.45
Lower	Pellets shell	90.55	0.83	0.34	5.16	2.74
	Sinter core	88.30	1.02	0.32	4.63	2.80
					0.1	1.58

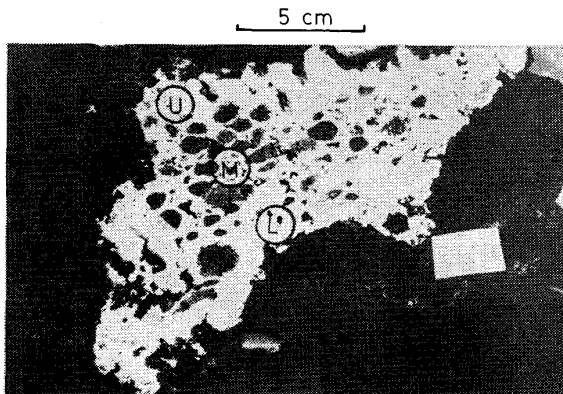


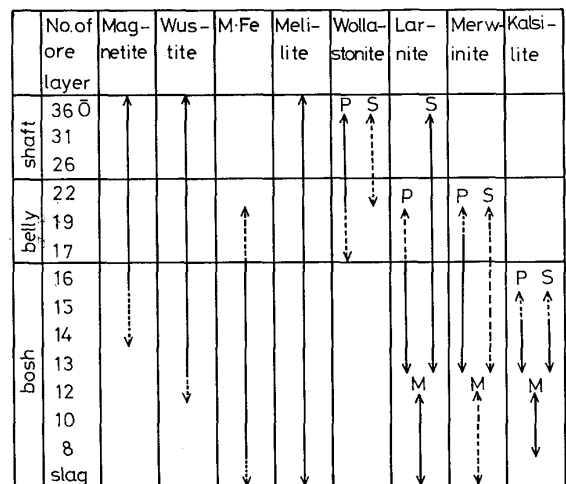
Photo. 3. Chemical and XMA analyses in the cohesive layer (130).

し、ペレットと焼結鉱を同等の還元率で比較すると焼結鉱の方が低いことがわかる。

4.3 ペレットと焼結鉱の成分比較

同一場所から採取したペレットと焼結鉱の還元率、アルカリおよびS含有量の値を比較した結果を Fig. 5 に示す。試料の再酸化の影響が大きい 40% 以下とペレットと焼結鉱の判別が不可能な 90% 以上を除いて還元率を比較すると焼結鉱の方が高い値を示している。これは Fig. 3 および Photo. 3 からわかる。

またアルカリ含有量についてはスラグ量当たりのアルカリ含有量の形で比較したが、ペレットに比較して焼結鉱の塩基度が高いにもかかわらず焼結鉱の方が高い値を示している。さらにSの含有量も焼結鉱の方が高い。以



P ; pellets, S ; sinter, M ; mix

Fig. 6. Change in mineral phases of pellets and sinter.

上から軟化・融着層中では焼結鉱の方が表面積や気孔分布の関係でガスとの接触頻度が高いと考えられる。

5. 融着層における鉱物相の変化

5.1 スラグ中鉱物相の変化

高炉高さ方向におけるペレットおよび焼結鉱中の鉱物相変化を Fig. 6 に示す。スラグ中の鉱物相で melilite ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 - 2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ 固溶体) がペレットおよび焼結鉱の全試料にわたって認められる。wollastonite ($\beta\text{-CaO} \cdot \text{SiO}_2$) は高炉上部で特にペレットで多く認められるが、高炉下部で温度が高くなると larnite ($\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) が生成する。焼結鉱ではスラグ塩基度が高いため装入前から larnite が認められる。

金属鉄の出現に伴って、特にペレットでスラグ中に merwinite ($2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) が生成する。これは wustite から金属鉄への還元に伴って wustite 中に固溶していた MgO がスラグ中に移行するためである。

Fig. 3 に示したように装入物中のアルカリが増加し始

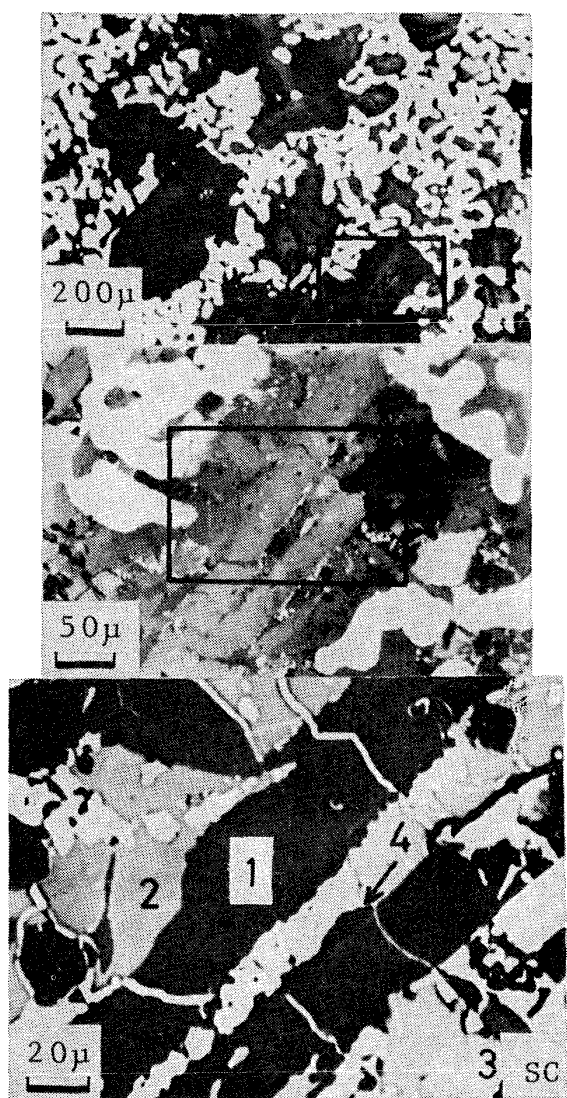


Photo. 4. Chemical composition of mineral phases in slag of pellets determined by XMA (100).

NO.	As oxide (%)										Identified phase
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	Total	
1.	0.12	12.4	0.36	35.3	0.02	0.16	51.4	0.21	0.05	92.8	Merwinite
2.	0.53	3.05	29.5	27.0	0.02	0.54	39.1	0.16	0.08	96.0	Melilite
3.	2.24	0.27	32.3	37.0	0.01	27.3	0.19	0.39	0.33	95.6	Kalsilite
4.	0.18	1.78	15.1	4.27	0.06	0.08	4.24	5.00	-	96.1	Perovskite

Table 3. Change in Na₂O and K₂O content of melilite and glassy silicate.
P ; pellets, S ; sinter, M ; mix

NO. of ore layer	Temp. (°C)	Kind of ore	Na ₂ O and K ₂ O content (%)			
			In melilite		In glassy silicate	
			Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O
18 O		P	0.13	0.05		
16 O		P	0.38	0.17		
		S	0.54	0.15		
14 O	1300	P	0.14	0.07		
		S			0.65	7.19
13 O	1350	P	0.25-0.59	0.30-0.52		
		S	0.69	0.17		
12 O	1450	M	2.41	0.77	2.40	3.58
10 O	1500	M	0.55-1.26	0.37-0.56	1.99	8.16
Slag			0.07-0.27	0.01-0.02	2.10-2.31	5.34-6.81

める 15O 付近から kalsilite ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) が出現し、金属鉄とスラグの分離後ではアルカリが揮発するため kalsilite 相は消滅する。

5.2 融着層におけるアルカリの挙動

Fig. 6 によると装入物中のアルカリ含有量が増加するとスラグ中に kalsilite が生成する。Photo. 4 にペレット中スラグの XMA による鉱物相の定量結果の 1 例を示したが、これからスラグ中に kalsilite が存在し、その量もかなり多いことがわかる。また melilite にもアルカリが含有されているがアルカリ濃度は低い。

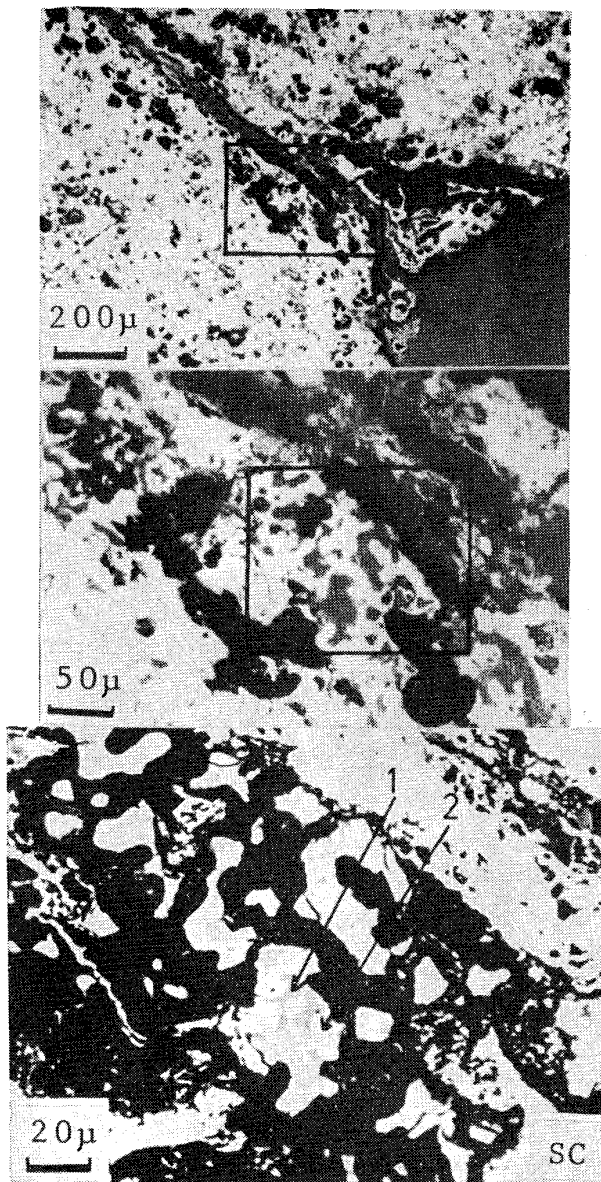
Table 3 に kalsilite 以外のアルカリ存在相である melilite および glassy silicate 中の K_2O と Na_2O の含有量の変化を示す。ここで空欄は該当する鉱物相が観察できなかったことを示している。melilite 中のアルカリ含有量は融着の進行に伴って増加する傾向にあり、12O, 10O では最高値を示している。しかしその含有量は全体的に低く、アルカリ固溶による melilite 融点の低下程度は小さいと考えられる。またメタルと分離したスラグにおける melilite 中のアルカリ含有量は揮発のため非常に低い値となつている。

いつぼう、glassy silicate 中のアルカリ含有量、特に K_2O 含有量が melilite 中に比較して非常に高い。またメタルと分離したスラグにおける glassy silicate 中のアルカリ含有量が高いのが注目される。

Photo. 5 に塊鉱石スラグ鉱物相の定量結果の 1 例を示す。これによると塊鉱石スラグにも kalsilite が存在し、その他に glassy silicate が認められる。Fig. 3 によると塊鉱石中のアルカリ含有量は焼結鉱とほぼ同じであり、スラグ量が極端に低い点を考慮すると塊鉱石スラグ中のアルカリ濃度は焼結鉱やペレットに比較して非常に高いことになる。事実、Photo. 5 の結果から kalsilite はもとより、glassy silicate でもアルカリ濃度が非常に高いことがわかる。

塊鉱石中の glassy silicate の組成を K_2O - Na_2O - SiO_2 系状態図²¹⁾にプロットした結果を Fig. 7 に示す。同図によると glassy silicate の融点は $600^\circ \sim 750^\circ C$ と非常に低い。加えて Photo. 6 からこの glassy silicate には多量の FeO が含有されており、さらに融点が低下すると予想される。

焼結鉱および自溶性ペレットなどの高塩基度装入物ではスラグの主鉱物相が melilite であるためスラグ中のアルカリ濃度が低く、比較的アルカリ含有量が高い glassy silicate の存在量が少ない。いつぼう塊鉱石などの低塩基度装入物はアルカリ濃度が高い glassy silicate が多く、炉内でアルカリ吸収に伴ってスラグの融点が低下す



NO.	As oxide (%)										Phase
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	Sum	
1	6.75	1.08	2.41	40.5	0.02	12.7	2.93	0.37	33.3	92.7	G.Silicate
2	1.70	0.01	31.9	38.7	0.02	26.4	0.01	0.05	2.11	99.0	Kalsilite

Photo. 5. Chemical composition of mineral phases in slag of lumpy ore determined by EMX (130 S-3.0).

ることが予想される。

Fig. 8 に生成した kalsilite の組成を示す。同図によると純粋な kalsilite より若干 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 寄りの組成を示しており、 K_2O の代わりに Na_2O が少し置換したものと考えられる。

5.3 融着層における MgO の挙動

Photo. 6 に炉内各レベルから採取した試料について XMA による wustite 中および melilite 中の MgO 含有量ならびに X 線回折にて同定したスラグ中鉱物相の変

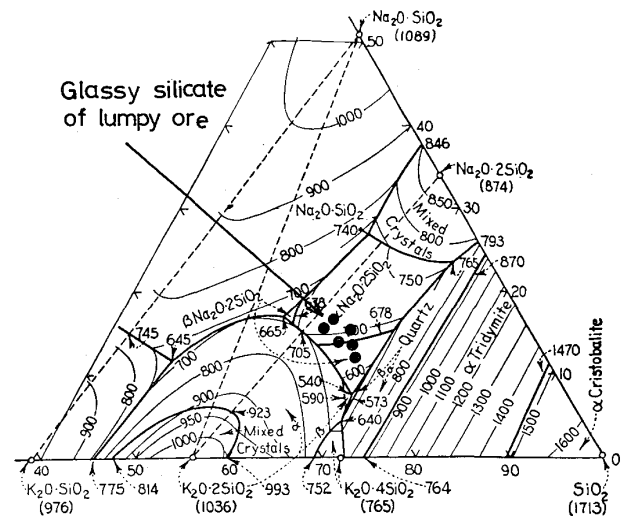


Fig. 7. Plot of composition of glassy silicate in lumpy ore to phase diagram of K_2O - Na_2O - SiO_2 system²¹⁾.

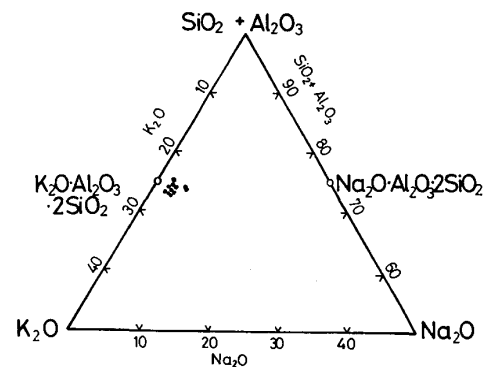


Fig. 8. Composition of kalsilite (mol%).

化を示す。190 ではペレットおよび焼結鉱とも金属鉄が存在せず、wustite の存在量が多いため wustite 中の MgO 含有量も低い。焼結鉱中に比較してペレット中がやはり高い。130 に至つて金属鉄が出現すると wustite 量が減少するためペレットの wustite 中 MgO 含有量が増加する。しかし、焼結鉱では変化しない。さらに 130 (S-1.6) では wustite 存在量が極端に減少するため wustite 中の MgO は非常に高い値となる。

さらにスラグ中の鉱物相の変化をみると、190 では merwinite がかすかに認められるだけであるが、金属鉄が出現する 130 では merwinite 量が多くなる。したがって wustite 中に固溶していた MgO は wustite から金属鉄への還元過程で wustite 中に濃縮するとともに一部はスラグ中に移行して merwinite を形成する。また Fig. 6 から 100 では wustite はもはや存在しないためスラグ部に merwinite の存在量が多いことがわかる。いつばう melilite 中の MgO 含有量はそう高くなく (約 3%)、wustite の還元に伴つてスラグ中の MgO 濃

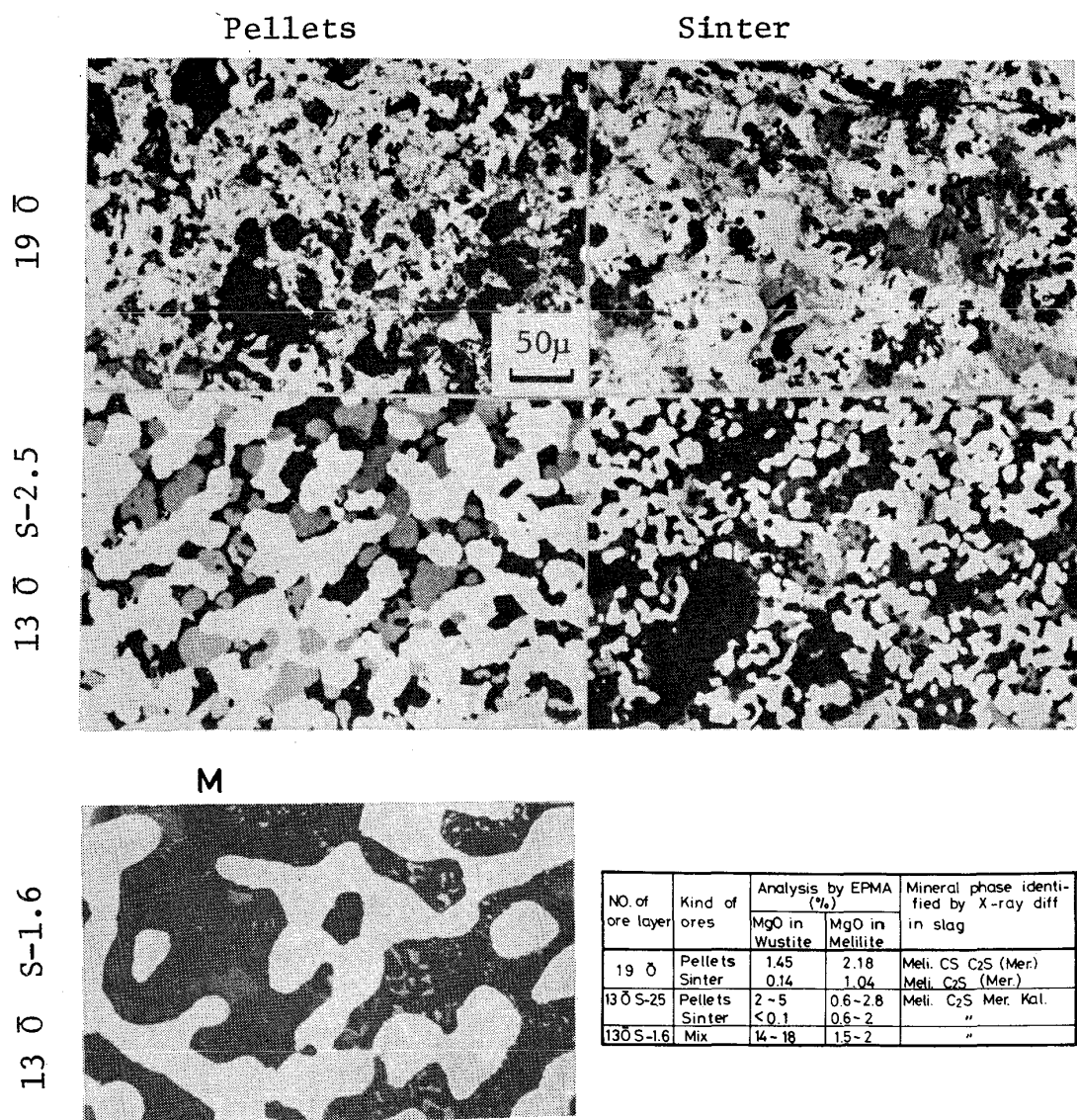
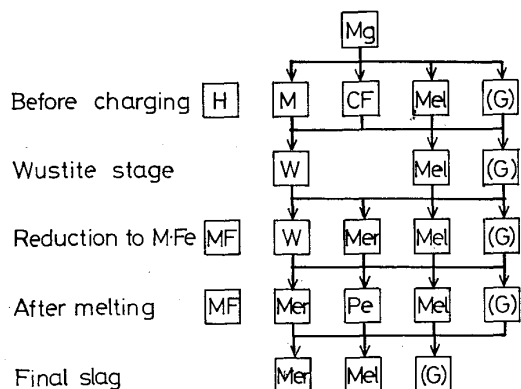


Photo. 6. Change in MgO content of wustite and slag.

NO. of ore layer	Kind of ores	Analysis by EPMA (%)		Mineral phase identified by X-ray diff in slag
		MgO in Wustite	MgO in Melilite	
19 Ø	Pellets	1.45	2.18	Meli. CS C2S (Mer)
	Sinter	0.14	1.04	Meli. C2S (Mer)
13 Ø S-25	Pellets	2~5	0.6~2.8	Meli. C2S Mer. Kal.
	Sinter	<0.1	0.6~2	"
13 Ø S-1.6	Mix	14~18	15~2	"



H ; hematite, M ; magnetite, CF ; calcium ferrite, Mel ; melilite, G ; glassy silicate, W ; wustite, MF ; M. Fe, Mer ; merwinite, Pe ; periclase

Fig. 9. Schematic diagram of change in mineral phases containing MgO in pellets.

度が高くなつても melilite 中の MgO 含有量はあまり変化しないことがわかる。

これらの結果をもとに高炉内におけるペレット中の MgO の挙動を図式的に示すと Fig. 9 のようになる。装入前では主として magnetite 相に magnetite-magnesian-ferrite 固溶体として入っていた³⁾MgO は wustite 段階では magnesian-wustite 固溶体として wustite 相に入り²⁾, wustite から金属鉄への還元進行に伴つて wustite 中で濃縮するとともにスラグ中に移行して merwinite を形成する。その他にスラグ部で melilite, glassy silicate および dicalcium silicate などにも含まれるが、濃度は低い。机上実験ではペレット中の MgO 含有量が高い場合 (2% 以上) に wustite の還元過程で wustite 中の MgO が濃縮してついには MgO 単体の periclase が生成することが認められたが²²⁾, 本解体

調査においては局部的に MgO が濃縮したと思われるところで periclas の存在が認められたものの一般的にはほとんど存在しなかつた。さらにスラグ・メタルの分離が進行し、ペレットのスラグも焼結鉱や塊鉱石スラグとの混合により MgO 含有量の平均化が進行し、最終スラグでは merwinite 存在量も減少する。

6. 結 言

尼崎 1 号高炉軟化・融着帯から採取した試料を用いてペレットおよび焼結鉱の軟化、融着、溶け落ち挙動および両装入物中のアルカリ、 Zn および S などの炉内循環成分の変化を調査するとともに、特に両装入物中のアルカリおよび Mg の挙動を鉱物学的に調査した。得られた主な結果を以下に示す。

1) 装入物の融着は粒子接触部の金属鉄の sintering 作用によつて起こり、温度の上昇に伴つて粒子表面にしみ出てきたスラグの存在下で金属鉄の sintering が進行し、結合が強固になる。融着初期にはペレットと塊鉱石の結合が多い。

2) ペレットおよび塊鉱石で多くみられる wustite core は $1350^{\circ}\sim 1400^{\circ}C$ で溶融して粒子外部にしみ出す。また融着層全体の溶融は表面から進行する。

3) ペレットと焼結鉱中の各成分を比較すると、還元率、アルカリおよび S 含有量は焼結鉱の方が高い傾向にあり、ペレットに比較してガスとの接触頻度が大きいと推測される。

4) 装入物のアルカリ含有量は融着の進行に伴つて増加し、スラグ中で kalsilite が形成される。塊鉱石のような酸性装入物ではその他にアルカリ濃度が高い glassy silicate が多く、炉内でアルカリ吸収に伴つてスラグの融点が低下することが予想される。

5) ペレット中の MgO は wustite 段階で wustite 中に固溶し、wustite から金属鉄への還元に伴つて wustite 中で濃縮するとともにスラグ中に移行して merwinite を形成する。

文 献

1) 成田貴一, 佐藤 忠, 前川昌大, 富貴原璋, 金山

- 宏志, 笹原茂樹: 鉄と鋼, 66 (1980), p. 1975
 2) 成田貴一, 前川昌大, 志垣一郎, 関 義和: 鉄と鋼, 63 (1977), p. 1623
 3) 成田貴一, 前川昌大, 出口幹郎, 斎藤武文: 鉄と鋼, 66 (1980), p. 326
 4) 今西信之, 川口二三一, 上仲俊行, 明田 莞: 神戸製鋼技報, 27 (1977) 2, p. 4
 5) 神原健二郎, 萩原友郎, 重見彰利, 近藤真一, 金山有治, 若林敬一, 平本信義: 鉄と鋼, 62 (1976), p. 535
 6) 下村泰人, 西川 潔, 有野俊介, 片山 力, 肥田行博, 磯山 正: 鉄と鋼, 62 (1976), p. 547
 7) 佐々木稔, 斧 勝也, 鈴木 明, 奥野嘉雄, 吉沢謙一, 中村 隆: 鉄と鋼, 62 (1976), p. 559
 8) 小嶋鴻次郎, 西 徹, 山口徳二, 仲摩博至, 井田四郎: 鉄と鋼, 62 (1976), p. 570
 9) 佐々木寛太郎, 羽田野道春, 渡辺雅男, 下田輝久, 横谷勝弘, 伊藤孝夫, 横井 毅: 鉄と鋼, 62 (1976), p. 580
 10) 梶川脩二, 隅田 昇, 吉越英之, 福島 勤, 鴨志田友男, 福山辰夫: 鉄と鋼, 59 (1973), A81
 11) 橋爪繁幸, 高橋洋行, 奥村和男, 富田貞雄, 小坂橋寿光, 小西行雄, 近藤幹夫, 森岡恭昭: 川崎製鉄技報, 11 (1979), p. 388
 12) 例えば, 成田貴一, 尾上俊雄, 佐藤義智, 鎌谷重雄, 佐藤 忠, 富貴原璋: 神戸製鋼技報, 29 (1979) 3, p. 78
 13) 例えば, 佐々木稔, 中沢孝夫: 製鉄研究, 272 (1971), p. 41
 14) 羽田野道春, 宮崎富夫, 岩永祐治: 鉄と鋼, 65 (1979), p. 1509
 15) 張 東植, 館 充: 鉄と鋼, 65 (1979), p. 479
 16) 伊沢哲夫, 里見弘次, 福島 勤, 古川 武, 小松修: 鉄と鋼, 64 (1978), S549
 17) 成田貴一, 前川昌大, 北村雅司, 金山宏志: 鉄と鋼, 65 (1979), p. 368
 18) 江本房利, 館 充: 鉄と鋼, 56 (1970), p. 1301
 19) 田口整司, 小坂橋寿光, 稲谷稔宏, 高田至康, 榎谷暢男, 高橋洋光, 奥村和男, 田川義輝: 鉄と鋼, 63 (1977), A71
 20) 下村泰人, 佐々木稔, 西 徹, 西川 潔: 榎戸恒夫: 鉄と鋼, 63 (1977), A79
 21) F. C. KRACK: J. Phys. Chem., 36 (1932), p. 2538
 22) 未発表