

微粉鉄鉱石の焼結について

三本木貢治* 西田信直** 川原業三***

Sintering of the Fine Ores. By Koji SANBONGI, Nobunao NISHIDA and Gyozo KAWAHARA.

By the use of a small sintering pan and drum pelletizers, relations between the following two pretreatments of sintering raw materials, sintering conditions and the strength of the sinter were studied.

In one pretreatment method which is commonly called semipellet treatment, small pellets were prepared separately and mixed in fine raw materials, and in the other method commonly called fore-pellet treatment, all raw materials were charged in a drum pelletizer.

The results of this experiment are as follows:

- 1) Pretreatment were very effective in the sintering of fine iron ores.
- 2) The fore-pellet treatment was more effective in the sintering of fine iron ores than the semi-pellet treatment.
- 3) The strength of sinter was a little improved by the two pretreatments above mentioned.

(Received Nov. 26, 1960)

1. 緒 言

最近の熔鉱炉操業成績のいちじるしい向上は、主として装入原料の粒度調整の強化、ならびに焼結鉱の使用によるものである。

しかしながら、最近の焼結原料は微粉化の一途をたどり、その結果通気性の低下、焼結時間の延長など焼結作業に悪影響をおよぼし、焼結鉱強度も低下するので、その対策が重要な問題となっている。

焼結原料に水分を添加して混合すると、適正水分までは疑似粒度が向上し、通気性をよくすることは衆知の現象である¹⁾。焼結原料の微粉化対策として、1) 適当量の水分を添加して疑似粒度を向上させる。2) 造粒機によつて、焼結原料の一部または全部を造粒して焼結鍋に装入する。3) 添加剤を加えて装入原料の通気性を向上させる。の3方法が考えられる。

著者らは、釜石特粉鉱および赤金精鉱を原料とし、装入原料の一部または全部を造粒して焼結した場合の焼結作業の変化について実験を行なった。

2. 使 用 原 料

鉱石原料としては釜石特粉鉱及び赤金精鉱の2種の磁鉄鉱を使用した。各原料の粒度分布を第1表(a), (b)に示した。

第1表 原料の粒度分布
(a) 鉄鉱石の粒度分布(%)

銘 柄	粒 度 (メッシュ)										
	+10	10~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~150	150~200	-200	200~250	-250
釜石特粉鉱	1.1	5.8	20.6	6.75	2.9	18.0	10.35	8.6	25.9		
赤金精鉱						+100 6.0	30.0	17.0		17.0	30.0

選鉱製錬研究所報告 第344号

* 東北大学選鉱製錬研究所

** 東北大学選鉱製錬研究所 現在富士製鉄株式会社中央研究所

*** 岩手木炭製鉄株式会社

- 1) Davies, W. and D. W. Mitchell: International Mineral Dressing Congress (1957). Halowaty, M. O. and J. F. Elliot: A. I. M. E. Blast Furnace Proceed. 14 (1955), 26.

(b) 返鉱およびコークスの粒度分布 (%)

銘 柄	粒 度 (メッシュ)		
	+7	7~16	-16
返 鉱	23.5	52.0	24.5
コークス		+16 25.5	74.5

3. 実験装置及び方法

鉱石原料の造粒は、200 mm ϕ ×250 mm の小型造粒機および 500 mm ϕ ×1,500 mm の中型造粒機によつて行つた。小型造粒機によつて次のような造粒条件を決定した。

傾斜; 1°, 回転数; 15~20 rev./min, 水分; 8~10%。

この造粒条件にもとづき、主として中型造粒機を使用して、焼結原料につぎのような処理をほどこして焼結実験を実施した。

1) 釜石特粉鉱の-60メッシュを使用した場合

-60メッシュに篩別した釜石特粉鉱で、5~3 mm, 3~1 mm のセミペレットを製造し、これを装入原料の 10~100% 配合して焼結する。

2) 釜石特粉鉱を使用した場合

(a) 釜石特粉鉱のセミペレットを製造し、これを20~50%配合して焼結する。

(b) 装入原料の全量を中型造粒機中を通過させ、粒度の向上を計つて焼結する (フォアペレット処理と通称する)。

3) 釜石特粉鉱と赤金精鉱を使用した場合

(a) 釜石特粉鉱に赤金精鉱を 0~100%配合して焼結する。

(b) 赤金精鉱のセミペレットを製造し、これを釜石特粉鉱に10~50%配合して焼結する。

(c) 釜石特粉鉱に赤金精鉱を10~50%配合し、全量を中型造粒機を通過させて焼結する。

かかる処理をほどこした原料を、先に報告した内径 105 mm ϕ 高さ 250 mm の超小型焼結機で焼結した²⁾。

所定量の粉鉱石、返焼鉱(15%), コークス(3%)を秤量し、所定量のセミペレットを配合し、適量の水分を加えて6~7%とする。この混合原料を焼結鍋に200 mmの高さに装入したのち、火格子面から40, 80, 120 mmの点に3 mm ϕ の石英管を挿入して熱電対の保護管とした。点火は200 mm aqの負圧でガスバーナーによつて行ない、点火時間は常に30 secとした。点火終了後直ちに負圧を1,000 mm aqに上げて焼結を行ない、焼結作業中はバルブの開きを一定とし、15 sec毎に各点の温度を記録した。

フォアペレット処理を行なう場合には、所定量の粉鉱石、返焼鉱、コークス、水分を配合し、充分混合したのち、ボーリングドラムを通して粒度改善を行ない直ちに焼結鍋に装入し、上述と同様の方法で焼結した。

4. 実験結果および考察

焼結試験を行なうために中型造粒機によつて作つたセミペレットおよびフォアペレット処理原料の粒度分布の一例を第2表に示した。

第2表 セミペレットおよびフォアペレット処理原料の粒度分布 (%)

銘 柄	粒 度 (メッシュ)			
	+4	4~7	7~16	-16
セミペレット	25.3	42.4	32.3	
フォアペレット		+7 29.8	63.0	7.2
処 理 原 料		22.3	77.0	0.7

2) 三本木貢治, 西田信直, 須沢昭和: 鉄鋼, 45 (1959), 924.

かかるセミペレットおよびフォアペレット処理原料による焼結実験結果を第3表(a), (b), (c)に示した。

第3表 焼 結 実 験 結 果
(a) 釜石特粉鉱の焼結実験 (-60メッシュ)

セ ミ ペ レ ッ ト (%)	Flame front speed (mm/min)*			強度(シャッターテスト)
	火 格 子 面 よ り			+16メッシュ (%)
	120 mm	80 mm	40 mm	
3~1mm 0	6.3	6.9	7.3	79.0
20	6.8	7.7	8.6	82.0
40	8.3	8.1	9.1	82.7
60	10.0	10.7	10.5	86.5
80	13.5	12.1	13.9	86.2
100	16.0	16.2	16.2	86.5
5~3mm 20	7.8	8.3	9.0	84.0
40	8.9	9.3	9.4	84.5
60	11.1	10.1	10.8	85.2
80	11.9	12.8	13.4	85.0
100	17.7	15.6	13.4	87.5

(b) 釜石特粉鉱の焼結実験

セミペレット (%)	Flame front speed (mm/min)			強度(シャッターテスト)	
	火 格 子 面 よ り			+7メッシュ	+16メッシュ
	120 mm	80 mm	40 mm	(%)	(%)
0	12.3	12.6	12.5	60.0	81.2
20	12.8	13.0	12.5	61.2	81.5
30	13.3	13.3	13.3	63.0	82.5
50	13.3	12.5	13.5	62.5	82.0
フォアペレット	12.8	13.9	14.2	58.0	82.4
	12.3	13.7	14.5	58.0	82.8

(c) 釜石特粉鉱と赤金精鉱の混合装入の焼結実験

赤金精鉱 配合率(%)	焼 結 原 料 の 銘 柄 **	Flame front speed (mm/min)			強度(シャッターテスト)	
		火 格 子 面 よ り			+7メッシュ	+16メッシュ
		120 mm	80 mm	40 mm	(%)	(%)
20	A	10.7	10.7	11.8	60.0	80.9
	B	12.8	12.3	13.1	61.2	81.2
	C	14.5	14.6	15.6	59.7	83.2
30	A	9.4	9.8	9.9	61.5	81.3
	B	11.4	10.9	11.6	62.0	81.1
	C	14.5	15.0	15.6	58.1	82.7
40	A	10.3	9.2	9.0	64.0	83.6
	B	9.7	9.8	10.7	64.7	83.5
	C	13.9	13.7	14.2	58.2	79.2
50	A	9.1	8.9	8.9	63.5	82.3
	B	10.9	10.4	10.5	64.7	85.5
	C	11.4	12.3	13.0	57.0	79.0
100	A	7.3	7.1	7.4	58.0	81.0
	C	7.8	7.3	7.4	55.7	78.0

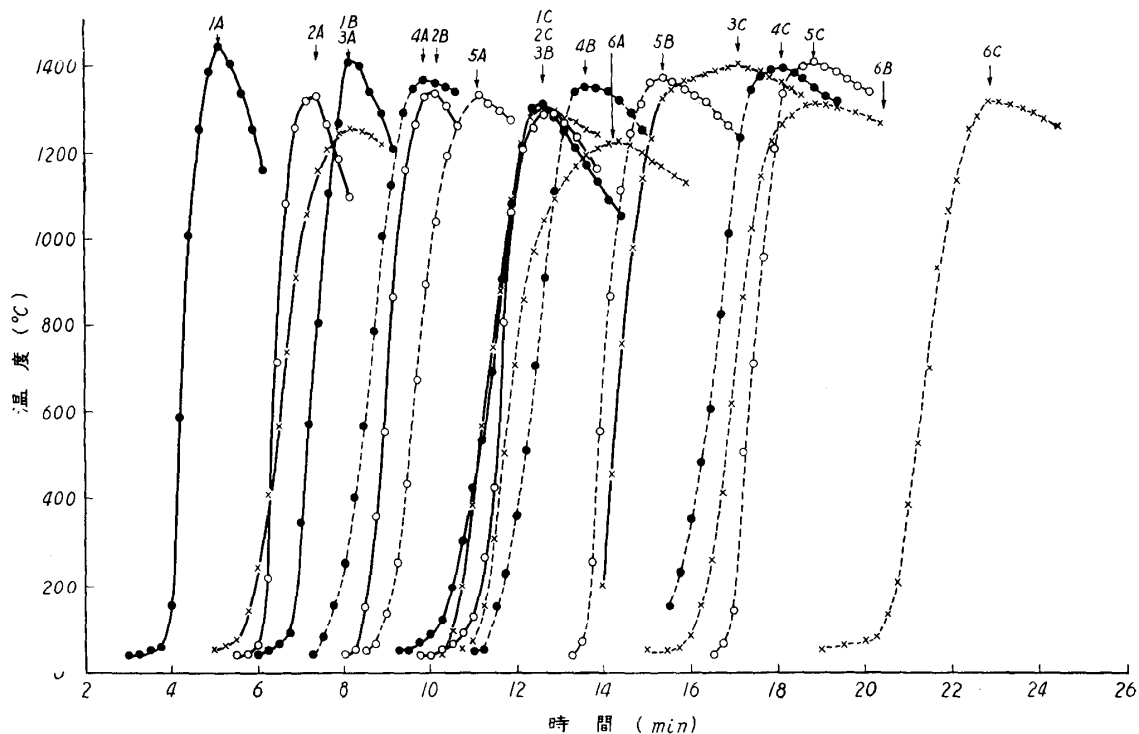
* 第3表において Flame front speed とは燃焼帯の平均進行速度を示し、火格子上 120 mm, 80 mm, 40 mm の各位置までの最高温度面の進行距離と到達時間より求めた。

**A : 釜石特粉鉱と赤金精鉱

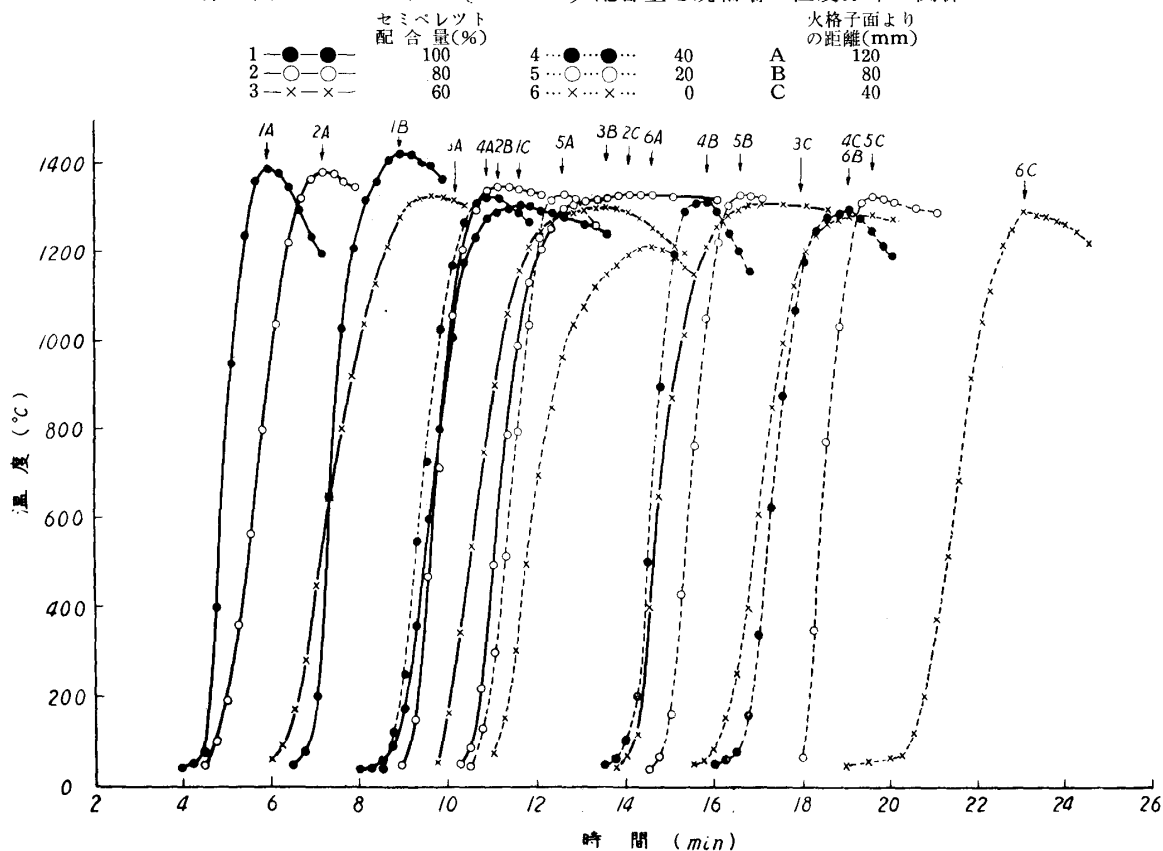
B : 赤金セミペレットと釜石特粉鉱

C : 釜石特粉鉱と赤金精鉱の混合原料をボーリングドラムに装入

-60メッシュに篩別した釜石特粉鉍の5~3mm, 3~1mmのセミペレットを0~100%配合し



第1図 セミペレット (5~3mm) 配合量と焼結層の温度分布の関係



第2図 セミペレット (3~1mm) 配合量と焼結層の温度分布の関係

て焼結したときの焼結層の温度分布を第1図および第2図に示した。これらの図からあきらかな

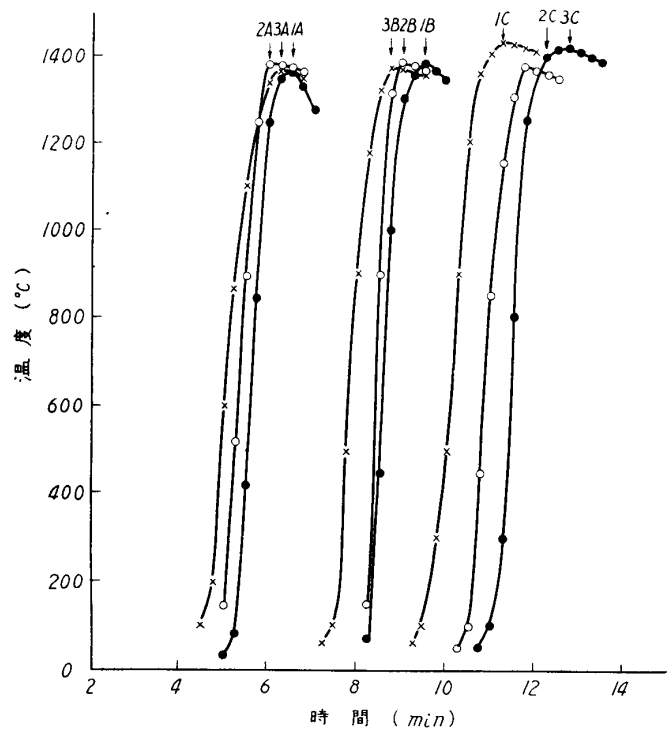
ごとく、セミペレット配合量の増加にしたがって温度曲線は尖鋭となり、焼結時間が短縮される。また5~3 mmのセミペレットを配合した方が、より多くの短縮がみられた。しかし、いずれの場合も70%以上の配合では、少量配合の時と比較して焼結時間の短縮が少なかった。これは大粒と小粒の混合比の変化、濃縮水分によるセミペレットの崩壊などによつて焼結原料層の空隙率が変化するためと考えられる。また、セミペレット配合量の増加にしたがって強度が増加する傾向がみられた。これは配合したセミペレットが破碎されずに篩上に残るため、真の強度はあまり変化がないものと思われる。

以上の実験で、配合したセミペレットの粒度に関係なく焼結作業に効果のあることが明らかになつたので、入荷のままの釜石特粉鉱で第2表のような粒度分布のセミペレットを作り、これを50%まで配合した場合およびコークス、返鉱も含めた焼結原料の全量を造粒機中を通過させてフォアペレット処理をした場合の焼結作業を通常の焼結作業と比較した。一例を第3図に示したが、予備処理によつて粒度を改善した焼結原料は予備処理をしない焼結原料に較べて各位置における温度が最高に到達する時間が短縮される。第4図に各焼結試験での **flame front speed** を示したが、セミペレット配合量が増加するにつれて、

flame front speed が増加する。フォアペレット処理をした場合の **flame front speed** は、セミペレット50%配合の場合よりも若干大きい。その差はわずかである。これは釜石特粉鉱の粒度が第1表に示したように、-150メッシュが34.4%に過ぎず比較的粗粒であつたので、予備処理によつて作られた小粒が弱く、原料の混合、装入、焼結過程中にこわれるためである。これらの予備処理をほどこして作った焼結鉱の衝撃強度は、予備処理の種類によつてあまり著しい変化がなかつたが、全般的に予備処理をほどこしてない焼結鉱より強度が高く、セミペレットを配合した場合はその配合量の増加に従つて強度は増加の傾向を示し、フォアペレット処理をほどこした焼結鉱の強度はセミペレットを配合した焼結鉱と比較して幾分低下した。これはフォアペレット処理によつて作られた小粒が、セミペレットより弱く、焼結作業及び強度試験によつて破壊するためと考えられる。

焼結原料に微粉鉄が多くなるといかなる変化がおこるかを確認するため、微粉鉄として赤金精鉄を選び、これを釜石特粉鉄に0~100%配合して、コークス3.0%、返鉄15%で普通の焼結を行つた。この時の赤金精鉄の配合量と焼結層の温度分布との関係を第5図に示したが、赤金精鉄の配合量が増加するにしたがって温度曲線の頂点はまるみを帯び、温度の上昇はゆるやかになり、焼結時間が長くなる。一方強度は赤金精鉄40%までは僅かずつ上昇し、40%以上になると配合量が増加するとともに低下の傾向を示した。

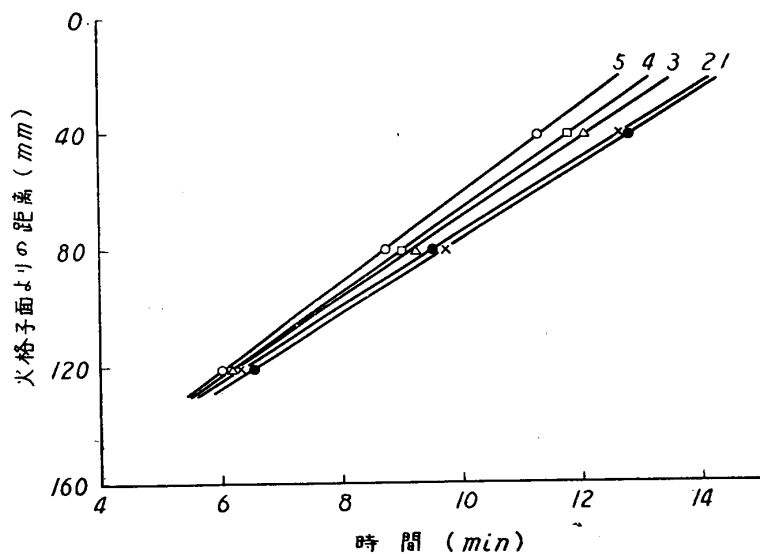
そこで配合する赤金精鉄をセミペレットに造粒して焼結した場合および配合原料の全量を造粒



第3図 釜石特粉鉄の焼結層の温度分布と種々の焼結処理法の関係

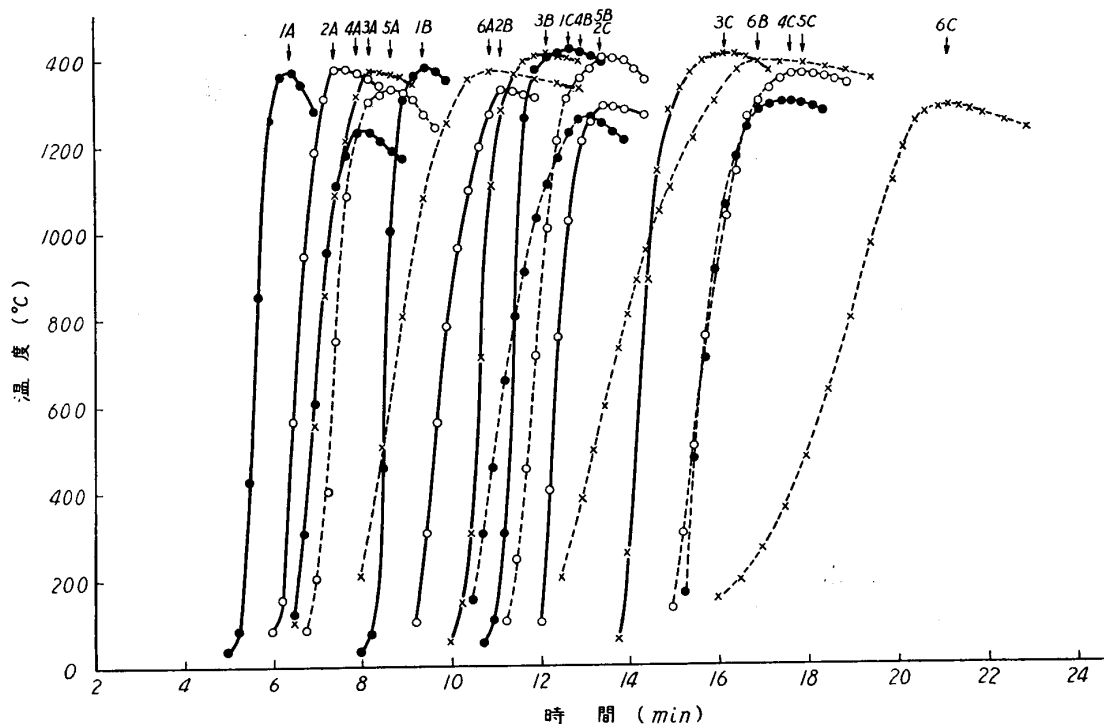
- | | | |
|---|-------|-------------|
| 1 | —●—●— | 普通焼結 |
| 2 | —○—○— | セミペレット配合焼結 |
| 3 | —×—×— | フォアペレット配合焼結 |
- 火格子面よりの距離(mm)
 A 120
 B 80
 C 40

機を通過させてフォアペレット処理をほどこして焼結した場合を普通焼結の場合と比較すると第6図の如き結果が得られた。これは赤金精鉱を20%配合した場合であるが、セミペレットを配合



第4図 Flame front speed に及ぼす種々の予備処理法の影響

- 1 ●—●— 普通焼結
- 2 —×—×— 20%セミペレット配合焼結
- 3 —△—△— 30% " "
- 4 —□—□— 50% " "
- 5 ○—○— フォアペレット焼結



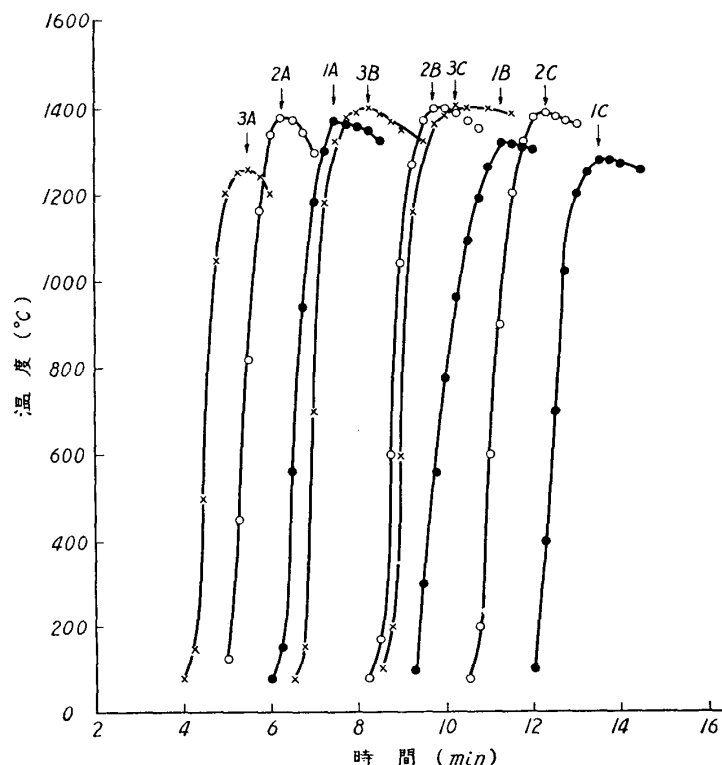
第5図 赤金精鉱配合量と焼結層の温度分布の関係

- 1 ●—●— 赤金精鉱配合量(%) 0
 - 2 ○—○— 20
 - 3 —×—×— 30
 - 4 ●—●— 40
 - 5 ○—○— 50
 - 6 —×—×— 100
- 火格子面よりの距離(mm)
 A 120
 B 80
 C 40

して焼結した場合は普通焼結より flame front speed が大きく、フォアペレット処理をほどこし

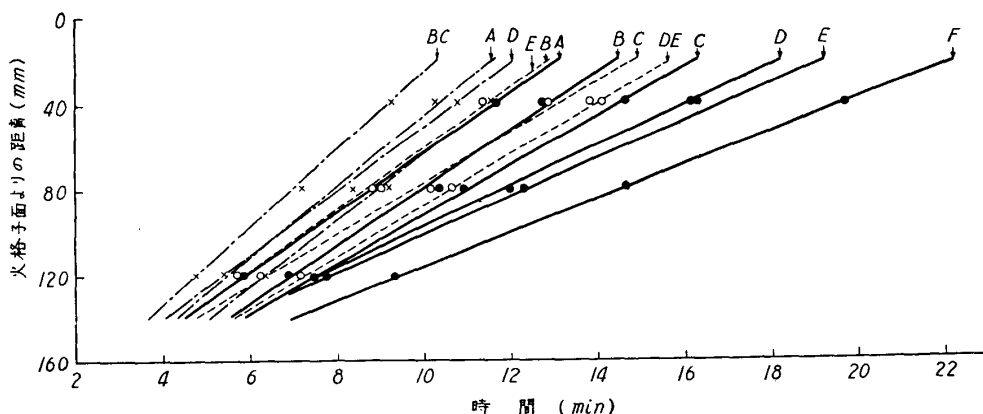
て焼結した場合には更に早くなる。第7図は赤金精鉱の配合量を変化した場合の各焼結試験における最高温度面の進行状態を示し各直線の傾斜は **flame front speed** を示す。この図から明らかなように赤金精鉱の配合量が増加しても大体同様の傾向を示し、セミペレットに造粒して配合するよりも全量を造粒機を通過させてフォアペレット処理をほどこした方が、焼結時間の短縮は大きい結果を得た。かくして得られた焼結鉱の試験結果を第8図に示した。フォアペレット処理をほどこした焼結鉱の強度は、赤金精鉱の配合量に関係なくわずかながら低下していた。これはフォアペレット処理によつて通風量が増大し、焼結時間が短縮されて、焼結鉱の強度を保持するに必要な温度に保たれる時間が少ないためである。一方セミペレットを配合して焼結した場合は、セミペレットの配合量が増加するにしたがつて強度が上昇し、普通焼結の場合よりわずかに高い。これは配合されたセミペレットが焼結中に破壊しないでその形を保ち、強度試験でも破壊されないためである。

以上の実験により微粉鉄が多い時に予備処理をほどこすと、焼結作業



第6図 赤金精鉱配合焼結層の温度分布に及ぼす予備処理法の影響

1 —●—●— 普通焼結
2 —○—○— セミペレット配合焼結
3 —×—×— フォアペレット焼結
火格子面よりの距離(mm)
A 120
B 80
C 40



第7図 赤金精鉱配合焼結の flame front speed に及ぼす種々の予備処理法の影響

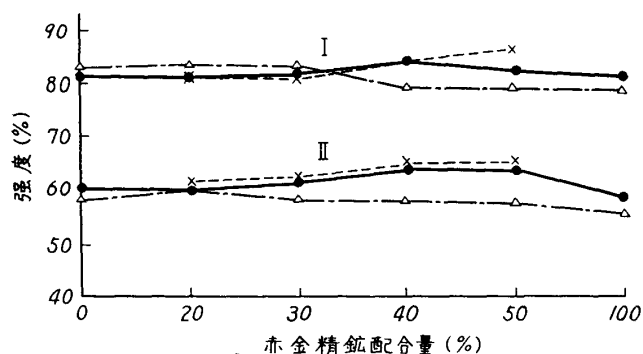
赤金精鉱配合量(%) —●—●— 普通焼結
A 0
B 20
C 30
D 40
E 50
F 100
—○—○— セミペレット配合焼結
—×—×— フォアペレット焼結

に効果のあることがわかった。Brandes and Rausch³⁾ も鉄鉱石の粒度及び性質によつて予備処理

3) Brandes, G. and H. Rausch: A. I. M. E. Blast Furnace Proceed. 18 (1960), 232.

の効果に相違があり, 特に粒度が大きな影響を及ぼすと報告している³⁾.

また予備処理の効果には配合コークスの粒度も影響があると考へられるので, 釜石特粉鉄と赤



第8図 赤金精鉄配合量と強度の関係

—●—●— 普通焼結
 ...x...x... セミペレット配合焼結
 —△—△— フォアペレット焼結
 I + 16メッシュ II + 7メッシュ

金精鉄を1:1に配合した原料に第4表のコークスを配合して造粒試験及び焼結試験を行つてみた. この試験結果を第5表に示した. 即ち同一粒度のコークスを配合した場合は, 水分量が多くなるほど焼き上がりがわるく, コークス粒度が粗い時は更にこの傾向が強くなる.

5. 結 言

超小型焼結機を使用し, ドラム型造粒機によつてセミペレットを製造して焼結原料に配合した場合と, 全量をフォアペレット処理をした場合の焼結作業に及ぼ

第4表 コークスの粒度分布

コークスの銘柄	粒 度 分 布 (%)			
コークス A		+3mm	3mm~ 16メッシュ	-16メッシュ
		0	25.5	74.5
コークス B	+4メッシュ	4~7メッシュ	7~16メッシュ	-16メッシュ
	5.5	23.5	71.0	0

第5表 実 験 結 果

コークスの銘柄	水 分 (%)	フォアペレット処理原料の粒度分布 (%)				焼 結 状 態
		+4メッシュ	4~7メッシュ	7~16メッシュ	-16メッシュ	
コークス A	8.5	9.5	20.3	63.0	7.2	完全焼結
	9.0	15.8	31.5	50.7	2.0	大部分焼結
	9.5	11.5	56.7	31.0	0.2	約1/3焼結
	9.0	13.3	34.0	50.5	2.2	完全焼結
コークス B	7.2	5.5	23.5	71.0	0	大部分焼結
	9.0	26.5	50.5	22.5	0.5	焼結せず

す効果を検討した結果次の事が明らかになった.

- 1) 釜石特粉鉄単味および赤金精鉄混合原料を, ドラム型造粒機によつて予備処理を行うと, 焼結進行状態が良好となるが, 粒度の細かい赤金精鉄混合原料の方が効果が大きかつた.
- 2) 予備処理の方法としては, フォアペレット処理をほどこした方がセミペレットとして配合するより焼結進行速度が大きい結果を得た.
- 3) 焼結鉄の強度は, 予備処理の方法に関係なく満足な値がえられたが, フォアペレット処理をほどこした場合は, 強度がわずかに低下した.
- 4) 原料にフォアペレット処理をほどこす場合, コークス粒度及び水分量が増加すると疑似粒度は向上するが, 焼結状態が悪化した.

終りに本実験は, 岩手木炭製鉄株式会社和田藤太郎君の熱心な協力によるところが大きく, 同君に感謝する. なお本研究の一部は, 文部省科学試験研究費によつてなされたものである.