
千葉製鉄所におけるペレット製造設備および技術の発展について

On the Development of the Pelletizing Installation and Technics at Chiba Works

増山 勤(Tsutomu Masuyama) 高橋 宏(Hiroshi Takahashi) 塚本 八郎(Hachiro Tsukamoto) 大島 位至(Takashi Oshima)

要旨：

千葉製鉄所においては、1953 年 11 月にペレットの製造を開始した。その後、今日に至るまで、種々の改造を行い、その結果、生産量は炉 1 基当り 1,000t/day のレベルに達した。この堅型炉の大型化の成功は次の改良点によるところが大きい。(1) 炉の乾燥帯への熱風の利用 (2) 冷却帯への冷風の吹込み このうち特に(2)の冷風の吹込みは、焼成帯の温度分布を均一化し、ブロックの発生を著しく減じた。そのため、成品ペレットの品質は向上し、かつそのバラツキは少なくなった。また、これまで堅型炉においては製造が困難視されていた石灰石添加ペレットの製造を試験的に 1,000t/day 炉で行ない、塩基度 0.8 程度の石灰石添加ペレットの製造に成功した。

Synopsis：

Started in October 1953, the pelletizing plant at Chiba Works now operates at the rate of 1,000t/day per furnace level after a number of improvements on the shaft furnace. The success is largely attributed to the following improvements; (1) Utilization of hot air (200-300°C) in the drying zone of the furnace, and (2) blowing in of cooling air into the cooling zone of the lower section of the furnace. Of these, the blowing in of cooling air uniformed the distribution of temperature in the firing zone and remarkably decreased the formation of clinkered pellets. Accordingly, the quality of pellets was improved and its fluctuation decreased. Thus, after a number of laboratory studies, the production of lime pellets, till then considered to be difficult in shaft furnaces due to the formation of clinker, was carried out experimentally at 1,000t/day furnace starting May 1969 and the basicity was successfully increased up to 0.8.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

千葉製鉄所におけるペレット製造設備および 技術の発展について

On the Development of the Pelletizing Installation and Technics at Chiba Works

増 山 勤*

Tsutomu Masuyama

高 橋 宏***

Hiroshi Takahashi

塚 本 八 郎**

Hachiro Tsukamoto

大 島 位 至****

Takashi Oshima

Synopsis :

Started in October 1953, the pelletizing plant at Chiba Works now operates at the rate of 1,000 t/day per furnace level after a number of improvements on the shaft furnace. The success is largely attributed to the following improvements;

- (1) Utilization of hot air (200~300°C) in the drying zone of the furnace, and
- (2) blowing in of cooling air into the cooling zone of the lower section of the furnace.

Of these, the blowing in of cooling air uniformed the distribution of temperature in the firing zone and remarkably decreased the formation of clinkered pellets. Accordingly, the quality of pellets was improved and its fluctuation decreased. Thus, after a number of laboratory studies, the production of lime pellets, till then considered to be difficult in shaft furnaces due to the formation of clinker, was carried out experimentally at 1,000 t/day furnace starting May 1969 and the basicity was successfully increased up to 0.8.

1. 緒 言

当社千葉製鉄所が鉄鋼一貫工場としてスタートするにあたり、粉鉱はペレット化して処理することに決定し、昭和26年末より工業化のための基礎試験を開始した。そして日産1 t, 7 t, 25 tのパイロットプラントを経て、昭和28年第1高炉操

業開始とほぼ同時に、日産400 tの第1ペレタイジング工場が完成した。その後、高炉増設とともに日産800 tの第2ペレタイジング工場、ついで日産2,000 tの第3ペレタイジング工場が稼動した。以来、各工場とも種々の改良を加え、第1ペレタイジング工場では日産1,000 t, 第2ペレタイジング工場では1,300 t, 第3ペレタイジング工場(所内レイアウトの関係上44年11月に閉鎖)

* 千葉製鉄所製鉄部原料処理課課長

** 千葉製鉄所管理部製鉄管理課課長

*** 千葉製鉄所製鉄部原料処理課掛長

**** 千葉製鉄所製鉄部製鉄技術管理課掛長

では 2,300 t を超える生産量を確保するにいたっている。

この間特筆すべきことは焙焼炉の大型化に成功したことである。以下にこれまでの当社千葉製鉄所におけるペレット製造技術発展の経過と現在の操業状況、さらに石灰石添加ペレットの製造について報告する。

2. ペレット製造技術の発展経過

負圧型焙焼炉という独自のペレット焼成方式を開発したが、操業当初、技術的未解決の問題が多く、生産性、品質ともに満足すべきものではなかった。しかしその後、操業方法および焙焼炉に改造を加え、現在では成品ペレットの品質としては、高炉側の要求を十分満すまでに向上している。

また、焙焼炉の生産性を高めたことにより、熱量原単位も大幅に減少している。Fig. 1 に全工場

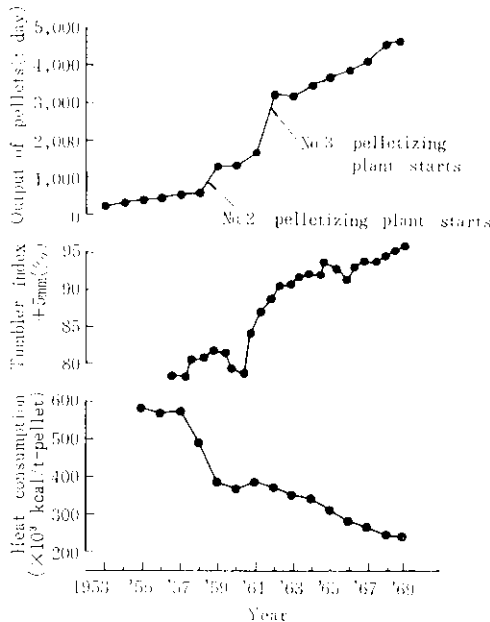


Fig. 1 Operational data after opening of No. 1 pelletizing plant

の生産量、品質（タンブラー強度：+5 mm 指数）および熱量原単位の推移を示す。

また Fig. 2 に当社におけるペレット製造工程のフローシートを示す。

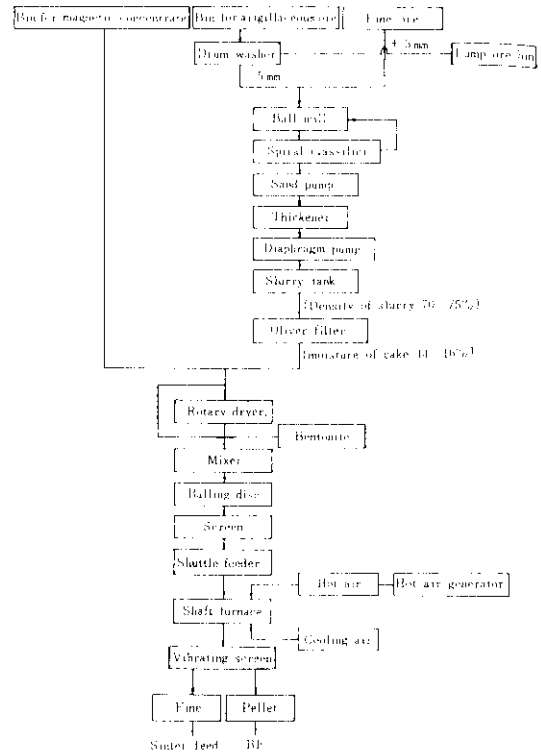


Fig. 2 Flow sheet of pelletizing plant

次に、これまで実施してきたペレタイジング工場の設備、および操業に関する改善の概要を示す。

2.1 ボーリングディスクの採用

ペレタイジング工場操業当初は、グリーンボールを製造する設備として、ボーリングドラムを使用していた。この設備により造られるグリーンボールは粒径の変動が大きく、また粉の混入も多い。このため、炉内におけるガスの圧力損失が大きくなったり、また、焼けの不均一、ブロックの形成などトラブルが絶えなかった。昭和31年、ボーリングドラムにかわってボーリングディスクを採用して以来、グリーンボール粒径の変動が少なくなり、粉の混入は皆無に近い状態にある。現在、グリーンボールの粒度管理は平均粒径14~15 mm 粒度範囲10~20 mm で90%以上の規準で行なっている。なお現在ではさらにグリーンボール粒度範囲を狭めるために、グリーンボール篩分け設備（-7 mm および +22 mm 両端カット）の設置を一部実施している。

2.2 磁選精鉱方式の採用

磁選精鉱方式とは、原料粉鉱石を磨鉱工程で微粉碎せずに、直接成型工程で加えるもので (Fig. 2 参照), この原料鉱石は、おもに粒度の細かい (比表面積; $1600 \sim 1800 \text{ cm}^2/\text{g}$) 磁選精鉱が用いられる。昭和36年, 第3ペレタイジング工場稼動と同時に, この方式を採用し, その後第1, 第2ペレタイジング工場にも取入れた。磁選精鉱方式を採用した当初は, 原料に対する磁選精鉱配合率は10%前後だったものが, 現在では80%前後に増加している。この磁選精鉱方式を採用したことにより次の効果が認められた。

(i) 磁選精鉱はマグネタイト系鉱石であるので, 焼成工程で酸化発熱反応を伴うため熱量原単位が低下し, 生産性が向上した。その推移を Fig. 3 に示す。

(ii) ヘマタイト系鉱石使用時に比較して, 品質の著しい向上が認められた。

(iii) 磨鉱処理する鉱石量が減ったことにより, 磨鉱費が減少した。

2.3 焙焼炉の改造

当社の焙焼炉のプロファイルを Fig. 4 (a), (b), (c), (d) に示す。(a) は 25 t/day 試験炉, (b) は 100 t/day 炉, (c) は 450 t/day 炉, (d) は $1,000 \text{ t/day}$ 炉であり, このうち (c), (d) の炉は現在稼動中である。また $1,000 \text{ t/day}$ 炉の焼成部および排出部を Photo 1 および 2 に示す。焙焼炉は操業開始以

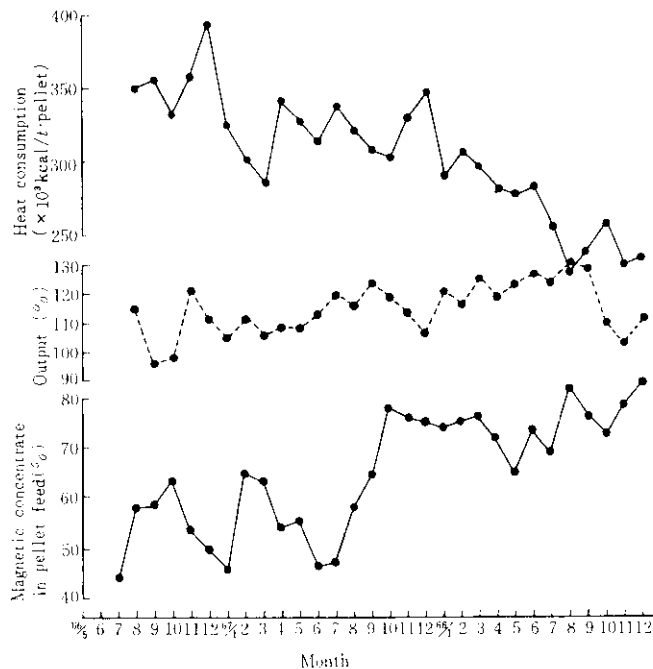


Fig. 3 Relation among additional ratio of magnetic concentrate, output and heat consumption



Photo. 1 Firing zone of 1,000 t/day-furnace

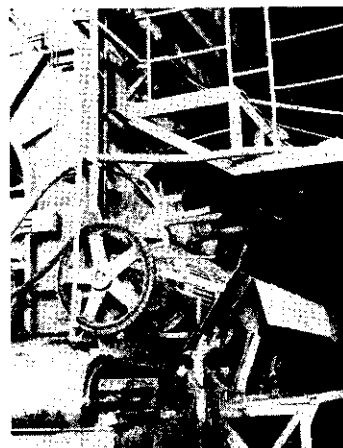


Photo. 2 Exhaust zone of 1,000 t/day-furnace

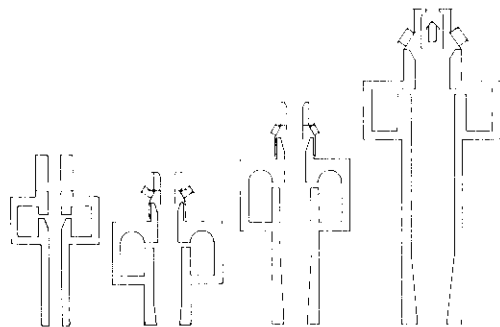


Fig. 4 Schematic diagram of shaft furnace

米種々の改造をおこなっている。これらのうちおもに 1,000 t/day 炉の改造について述べる。

2・3・1 熱風ダクト方式の採用

熱風ダクト方式とは、焙焼炉に装入したグリーンボールを乾燥するため乾燥用熱風を焙焼炉とは別の熱風炉で発生させ、この熱風を Fig. 5 に示すような熱風ダクトから炉に吹込み、グリーンボールの乾燥をおこなうものである。従来は炉頂に設けたガスバーナーにより乾燥をおこなっていたが、ガスバーナーの火焰と吸引大気との混合が十分でなく、また、直接火焰に当たった高温部では、グリーンボールが熱衝撃で粉化するため装入線を低く保たなければならなかった。熱風ダクト方式を採用してからは、比較的低温(200~300°C)の熱風を均一に吹込むことができ、熱衝撃による割れが減少してグリーンボールの粉化が少なくなった。したがって、炉内の通気が良くなり生産量が約20%向上した (Fig. 6 参照)。

また、この熱風ダクト方式の採用により装入線を上げることができ、グリーンボール所要落下強度基準を下げることも可能となったため、ペントナイト添加量の減少、磁選精鉱配合率の増大が可能となった。

2・3・2 冷却空気の吹込み、メッシュコンベアの採用

焙焼炉の熱効率を高め熱量原単位の低下をはかるため、さらに排出ペレットの温度を下げて成品ペレットの品質を向上させる目的で、炉下部より冷却空気吹込みの検討を行なった。最初、炉底に冷却函を設置したが、いったんブロックが発生すると、この上にブロックが生成し炉内でのブロック化をさらに助長させる結果となった。そこで冷却空気が炉壁を通過しやすいことに着眼し、炉中央部にのみ冷却空気の吹込みを行なった。

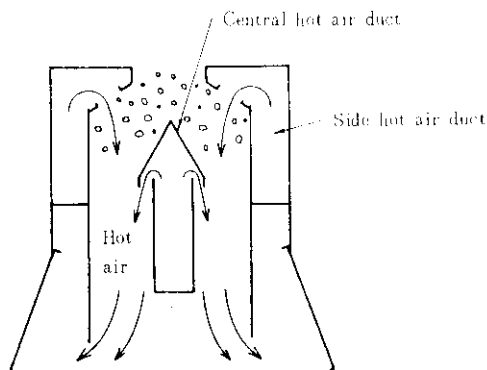


Fig. 5 Profile of drying zone

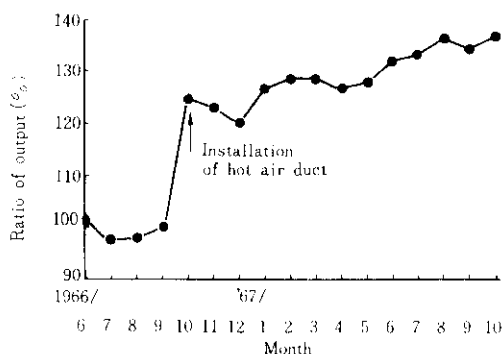


Fig. 6 Transition of output after installation of hot air duct

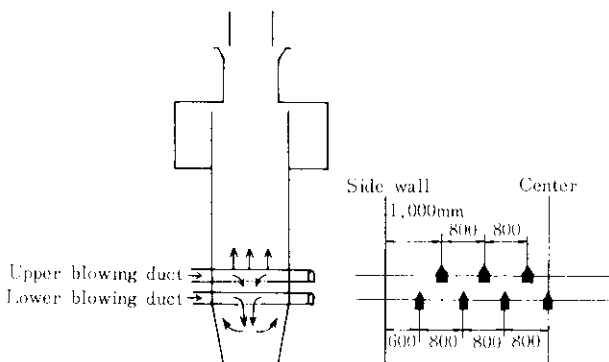


Fig. 7 Location of blowing duct

その結果前記の熱風ダクト設置による炉内温度の均一化がさらに促進され、過焼成によるブロックの発生はなくなり、冷却空気の安定な吹込みが可能になった。

Fig. 7 に冷却函の取付位置を示す。

冷却空気の吹込量は現在 $600 \text{ Nm}^3/\text{t-p}$ であり、排出ペレットの温度は約 400°C である。この冷却空気吹込みによって、熱量原単位は $3 \sim 4$ 万 kcal 減少した。また当社では排出ペレットの輸送方法として、耐熱ベルトコンベアを採用している。ベルトの焼損防止としてベルト上に若干の散水を行なっているが、その際、ペレットにクラックが発生し品質が低下する。したがって排出ペレット温度を下げ得たことは、成品ペレットの品質を大幅に向上させた。Fig. 8 にペレット排出温度と水冷後のタンブラー強度との関係を示す。なお、現在排出ペレット輸送コンベアに試験的にメッシュコンベア（ステンレスワイヤーによる織網コンベア）を使用しているが、このコンベアでは散水の必要がなく、品質はさらに向上しており（Fig. 9），また当初懸念した機械的トラブルもなく順調に稼動中であり、将来は全炉に採用の予定である。

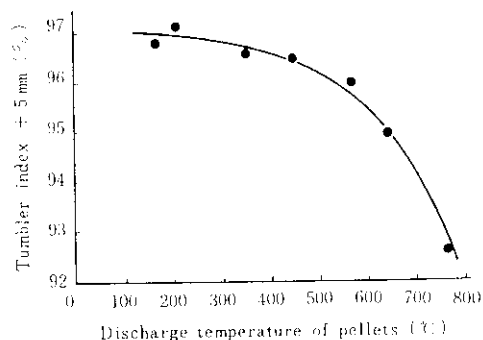


Fig. 8 Relation between exhaust temperature of pellets and its tumbler strength after water quench

3. 1,000 t/day 焙焼炉の操業と成品ペレットの品質

当社のペレット焙焼炉のうち、1,000 t/day 炉が最大のものであり、1,000 t/day 炉の操業状況および成品ペレットの品質を述べることににより、当社におけるペレット製造技術の現状を報告する。焙焼炉の諸元を Table 1 に示す。

前述のごとく当社の焙焼炉は負圧堅型炉であるため、炉内各所の荷流れおよび風量バランスに特

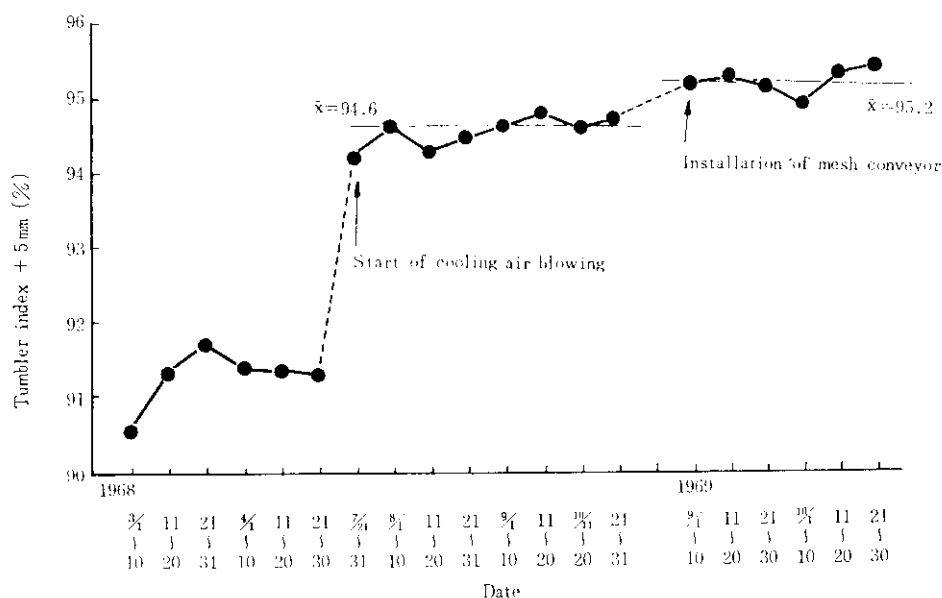


Fig. 9 Tumbler strength before and after blowing of cooling air and installation of mesh conveyor

Table 1 Specifications of 1,000 t/day-furnace.

Volume of furnace (m ³)	Drying zone	5.4
	Firing zone	16.2
	Cooling zone	105.3
	Exhaust zone	12.6
	Total	139.5
Height of furnace (m)	Drying zone	1.90
	Firing zone	1.80
	Cooling zone	9.67
	Exhaust zone	2.23
	Total	15.60
Travelling time (min)	Drying zone	12
	Firing zone	40
	Cooling zone	265
	Exhaust zone	20
	Total	337
Combustion chamber	Volume (m ³)	22.9
	Number of burner	6
	Number of port	50
Exhaust fan (two series)	Air pressure (mmAq)	-850
	Air volume (m ³ /min at 150°C)	1,600
	Motor (kW)	350
Blower for burners	Air pressure (mmAq)	450
	Air volume (Nm ³ /min)	300
	Motor (kW)	37
Blower for cooling (three parallel)	Air pressure (mmAq)	1,000
	Air volume (Nm ³ /min)	350
	Motor (kW)	95

に留意し、数次にわたる検討の結果各所の形状を決定したものである。

Table 2 に昭和44年月度の操業データを示す。操業上最も厳密な管理を必要とされるのは磨鉢ケーキの比表面積である。すなわち、グリーンボールの強度および成品ペレットの品質の点からは、ケーキ粒度の細いことが要求されるが、グリーンボール乾燥時の熱衝撃による割れの観点からすれば、一般に粒度の粗い方が好ましい。したがって、当所においては、原料配合が変わるごとに適正な比表面積を求めて、これを操業の基準値としている。

また、Table 3 に当社のペレット（昭和44年10月度）および代表的な外国ペレットの性状を合わせて示す。当社のペレットは外国のそれに比較して、常温および高温還元性状ともに同等あるいは若干優れている。しかし、当社の場合、堅型炉であるため、使用原料により品質の変動が比較的大

きく、原料に対する制約が他の炉型に比較して厳しい状態にある。

4. 石灰石添加ペレットの製造

高炉操業技術の進歩はめざましいものがあり、近年、処理鉱の多量使用および品質の改善が高炉生産量の飛躍的向上に寄与していることは衆知のことである。ペレットの被還元性の向上、高温軟化性状の改善、さらに高炉における石灰石煅焼熱の減少、石灰分の均一装入などを目的として、ペレットの自溶化の^{1)~7)}研究は古くからおこなわれているが、現在、国内で工業的に製造しているのは神戸製鋼所KKのみである。当社においてもペレットの自溶化をはかるために、これまで基礎試験をかさねて来た結果、原料中の SiO₂ 量が4%以上であれば成品ペレットの還元強度が著

Table 2 Operational data of 1,000 t/day-furnace in September, 1969

Output (t/day)	1039
Fine product rate (%)	2.6
Working time (%)	92.5
Magnetic concentrate in pellet feed (%)	73.3
Bentonite addition ratio (%)	0.8
Blaine index (cm ² /g)	
Grinding cake	4340
Green ball	2687
Moisture of green ball (%)	9.5
Crushing strength of green ball (kg)	3.3
Crushing strength of dry ball (kg)	6.5
Firing temperature (°C)	1200
Exhaust gas temperature (°C)	103
Gas pressure of combustion chamber (mmAq)	- 260
Exhaust gas pressure (mmAq)	-1740
Exhaust gas volume (Nm ³ /t-pellet)	1400
Heat consumption (×10 ³ kcal/t)	235

しく低下すること、さらにブロックを形成しやすくなる傾向があることを認めた。したがって、ペレット原料中の SiO₂ 量の比較的多い当社では、これまで自溶性ペレットの製造を行なっていなかった。そこで上記問題点を解決するために、さらに基礎試験、バスケット試験（ステンレス金網にグリーンボールを入れ、実炉に装入し焼成後回収して焼成ペレットの性状を試験する方法）をかさねた結果焙焼炉の一部改

Table 3 Quality of pellets in some pelletizing plants

	Kawasaki 1969.10	Marcona 1969.7	Hamersley 1969.8	Whyalla 1969.9
Tumbler index +5mm (%)	95.4	95.4	95.4	96.4
-1mm (%)	3.0	3.6	4.1	2.5
Crushing strength $\bar{x}$ (kg/pellet)	374.6	164.1	263.6	228.4
σ	98.2	59.5	111.3	62.7
Size (mm)	14.0×15.2	12.2×12.8	12.2×12.7	12.3×12.8
Porosity (%)	22.8	27.0	24.3	26.3
Degradation index during reduction +5mm (%)	93.2	98.4	94.0	96.4
-1mm (%)	1.4	0.7	2.3	0.7
Degree of reduction (%)	62.9	61.6	63.8	74.0
Crushing strength after reduction ($\bar{x}$ kg/pellet)	67.5	35.5	73.0	63.0
σ	25.4	11.0	25.9	13.6
Size (mm)	15.4×16.4	12.8×14.8	12.2×12.7	12.3×13.3
Swelling index (%)	9.9	17.0	10.2	11.8
Chemical composition				
T.Fe (%)	62.21	65.58	63.30	65.68
FeO	0.36	2.41	0.22	0.11
SiO ₂	5.30	4.46	5.65	3.08
CaO	2.6	0.39	—	0.32
Al ₂ O ₃	2.2	0.90	3.59	2.39
MgO	0.59	0.64	0.06	0.18
S	0.009	0.014	0.003	0.004

造などにより石灰石添加ペレットの製造が可能となり、昭和44年5月より1000t/day 毎で試験操作を開始し、塩基度0.8までの石灰石添加ペレットの製造が可能であることを確認した。

しかし、さらに塩基度の高いペレットを製造する場合は解決しなければならぬ問題が残る。以下これまでの経過について述べる。

4.1 自溶性ペレットについての基礎試験

自溶性ペレット製造するにあたり、検討しなければならないものは品質と製造上の問題がある。品質としては常温強度（圧潰強度，タンブラー強度），および高温還元雰囲気における還元性状（被還元性，還元強度，荷重軟化性状）があり，製造上ではブロック形成の問題がある。次に，これらについての基礎試験結果を述べる。

4.1.1 常温強度

Fig. 10に原料中の SiO_2 量で層別した塩基度と圧潰強度との関係を示す。

これによると圧潰強度は原料中の SiO_2 量とは相関がなく，塩基度0.5前後で最大値を示し，さらに塩基度の増加とともに徐々に低下する傾向にある。一般に圧潰強度は粒径を一定とすれば，次式⁸⁾

$$S = S_0 \exp(-BP)$$

S ：圧潰強度

P ：気孔率

S_0 ：気孔率零の時の圧潰強度

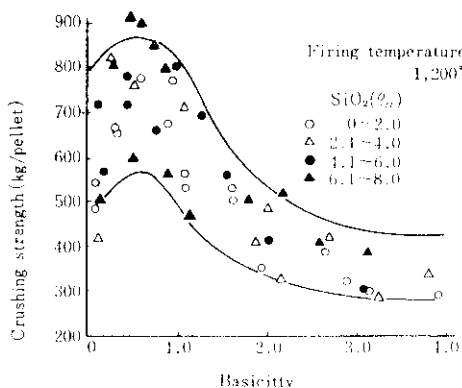


Fig. 10 Relation between crushing strength and basicity

B ：化学組成(特に粒子間結合力)，焼成温度に依存する定数

で示されるように気孔率および粒子間結合力に大きく依存している。一方気孔率と塩基度との関係は Fig. 11 に示すとおりであり，塩基度の上昇に

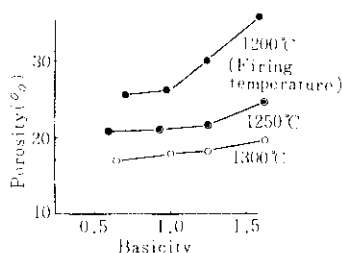


Fig. 11 Relation between porosity and basicity

伴ない気孔率は上昇するので，圧潰強度は低下することになる。顕微鏡組織よりみれば，塩基度の上昇に伴ないヘマタイト結合量が減少し，スラグ結合量の増加およびカルシュームフェライトの析出が起こり，そのため強度の低下を招くこととなる。Photo 3～5 に 各々代表的な顕微鏡組織を示す。各試料とも $1250^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ hr}$ 焼成のものである。

4.1.2 還元性状

焼成温度 $1,200^{\circ}\text{C}$ のときの塩基度と還元強度との関係を Fig. 12 に示す。

これより原料中の SiO_2 量で層別してみると， SiO_2 量が4%以上の場合，塩基度の増加に伴ない還元崩壊指数-1 mm 値は急激に増し，還元強度

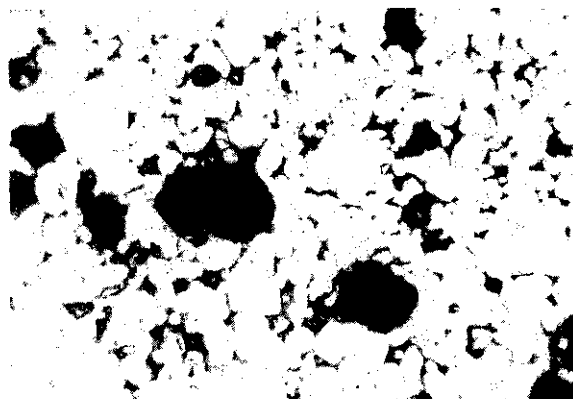


Photo. 3 Hematite bond, basicity 0.62, crushing strength 550 kg/pellet ($\times 400$)

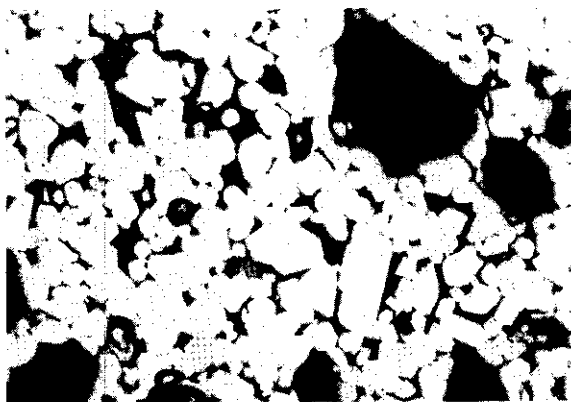


Photo. 4 Slag bond, basicity 0.91, crushing strength 540 kg/pellet ($\times 400$)

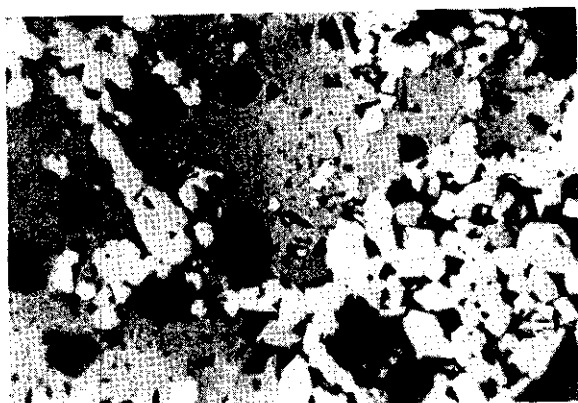
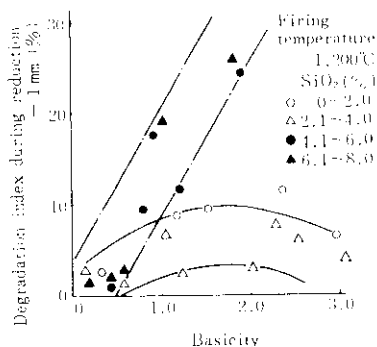
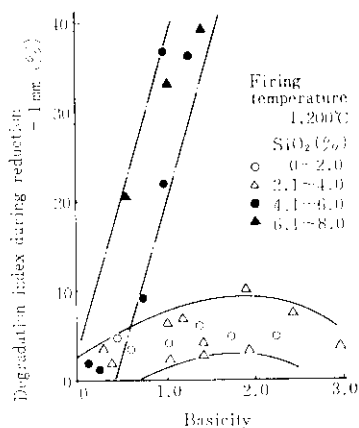


Photo. 5 Calcium ferrite bond, basicity 1.62, crushing strength 450 kg/pellet ($\times 400$)



(a) Laboratory test



(b) Firing of pellets inserted in stainless steel mesh basket in 1,000 t/day furnace

Fig. 12 Relation between basicity and reduction strength

が低下することがわかる。一方、低 SiO₂ の場合でも塩基度の増加に伴ない還元強度は低下するが、この傾向は高 SiO₂ の場合に比べ非常に小さい。実験室における焼成試験と実炉によるバスケット試験の結果は概略一致している。このように1,200°C 程度の低温焼成の場合自溶性ペレットの還元強度は SiO₂ 量による影響が大である。次に焼成温度と還元強度との関係を Fig. 13 に示す。

これより1,250°C 以上で焼成すれば、原料中の SiO₂ 量が比較的高くても塩基度 1.6 以下では還元強度は劣化しないことがわかる。Photo 6 に低温および高温焼成時の顕微鏡写真を示す。

1,200°C、焼成の場合には微細な針状のカルシウムフェライトが析出しているのに対し、1,250°C ではそれが成長してかなり緻密な短冊状の組織を

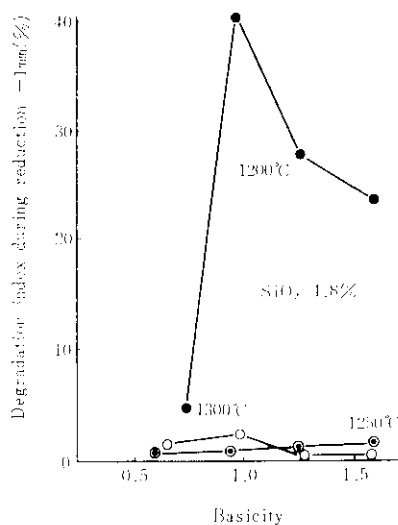
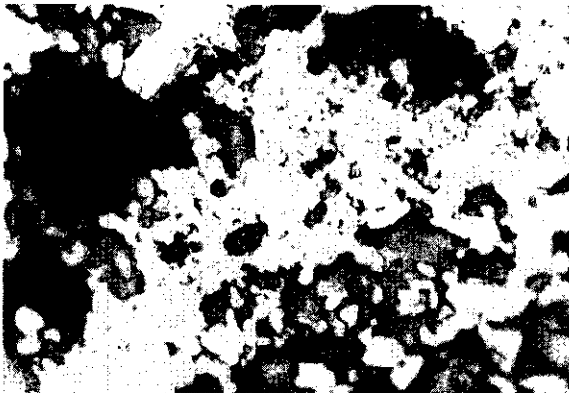
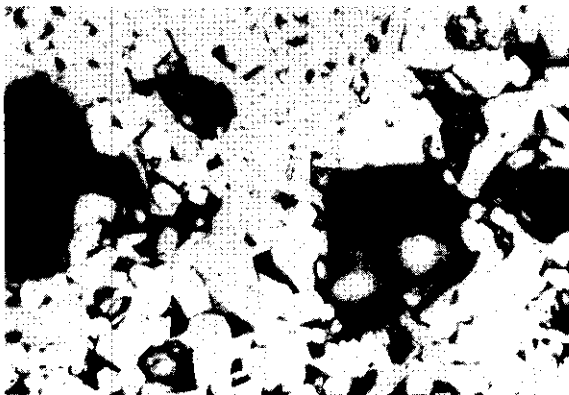


Fig. 13 Relation between reduction strength



(a) Firing temperature: 1,200°C × 1 hr,
basicity 1.62 (×400)



(b) Firing temperature: 1,250°C × 1 hr,
basicity 1.62 (×400)
(White: hematite, light grey: calcium
ferrite, black: void)

Photo. 6 Microstructures of pellets

示しており、このカルシュームフェライトの形状が還元強度に大きな影響を及ぼしているようである。次に、被還元性として塩基度と還元率との関係を Fig. 14 に示す。

これより被還元性は塩基度が高くなるほど、また焼成温度が低いほど向上する傾向が認められる。これはいずれも気孔率による影響が大であると考えられ、Fig. 12 に示した塩基度および焼成温度と気孔率との関係から明らかである。また、塩基度の増加により被還元性の優れたカルシュームフェライトの析出量が増えることも影響していると考えられる。荷重還元軟化性状については試験装置を Fig. 15 およびその試験結果を Fig. 16 に示す。

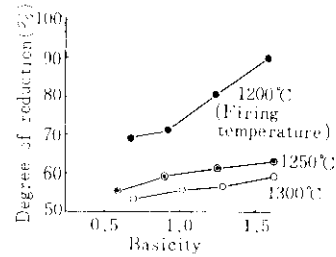


Fig. 14 Relation between porosity and degree of reduction

これによると塩基度 0.6 あるいは 1.2 のいずれの場合も焼成温度が 1,200°C のときは、500~600°C の低温域よりガス圧は上昇している。しかし、焼成温度が 1,250°C の場合にはガス圧の上昇し始める温度は 1,000~1,100°C まで上がっていることがわかる。

このことは Fig. 13 の焼成温度と還元強度の関係とよく一致している。

4.1.3 ブロックについて

自溶性ペレットの性状のうち、とくに還元強度の優れたものを製造するためには、Fig. 13 より原料中の SiO₂ 量が 4% 以上の場合には焼成温度を 1,250°C 以上にしなければならないことがわかった。しかし、堅型炉の場合に

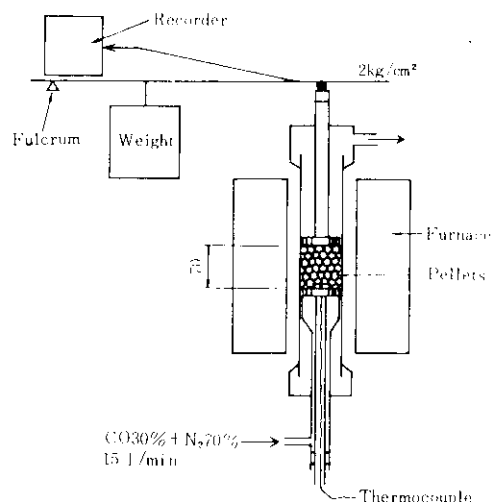


Fig. 15 Schematic diagram of testing apparatus of high temperature softening

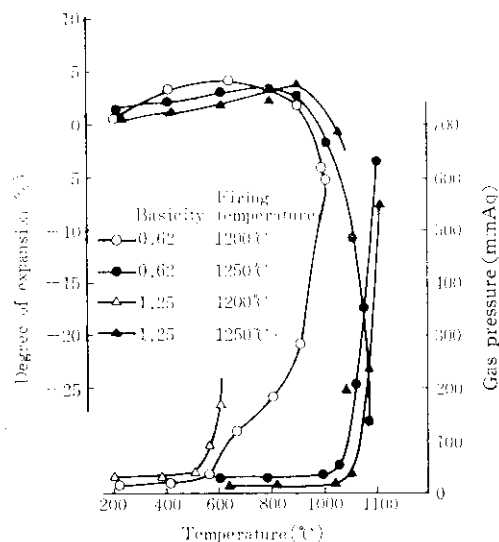


Fig. 16 Softening under load at high temperature

は、高温焼成するほどブロックができやすく、ハンギングを起こして荷の流れが不均一となり、炉況が不安定になるというトラブルが生ずる。したがって適正焼成温度としては、品質を劣化させない程度の必要最低温度ということになる。Fig. 17に塩基度と焼成温度による荷重変形量を示す。

変形量は 0.7 kg/cm^2 の荷重をかけ収縮率で表わした。これより変形量は塩基度および焼成温度が高いほど大となり、しかも原料中の SiO_2 が高ければこの傾向はさらに大きくなってブロックを形成しやすくなることが推察できる。原料中 SiO_2 量が比較的高い当社では、還元強度の優れた自溶性ペレットを得るためには、少なくとも $1,250^\circ\text{C}$ で焼成しなければならぬことになり、従来の $1,200^\circ\text{C}$ 前後の焼成温度から考慮すれば、当然ブロックが形成される懸念がある。ところが前述のごとく焙焼炉の改造、すなわち熱風ダクト設置および炉底からの冷却空気吹込み方法の改善などにより、炉内温度分布は均一化し過焼成によるブロック化の傾向が少なくなった。このため酸性ペレットにおいては従来の焼成温度を $1,200^\circ\text{C}$ から $1,250^\circ\text{C}$ まで上げることが可能となった。したがって、以上の焙焼炉の改造および予備試験結果より堅型炉による石灰石添加ペレットの製造は可能であるとの結論を得るに至った。そこで昭和44年5月よ

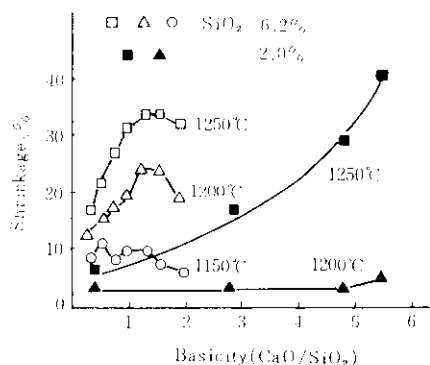


Fig. 17 Correlation between shrinkage and basicity

り $1,000 \text{ t/day}$ 炉での石灰石添加ペレットの製造を開始した。

5. 実炉による石灰石添加ペレットの製造

石灰石添加ペレットの操業の推移を Fig. 18 に示す。まず第1期として石灰石4% ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 0.5$)より操業を開始した。酸性ペレット製造時に比べ、とくに顕著な変化として生産量が約10%減少した。これはグリーンボールの乾燥速度の若干の遅れと、また予熱域における石灰石の分解吸熱による予熱の遅れ、さらに排気ガス温度の低下により排風管が詰まり、炉内燃焼ガス流の分布が不均一となり、このため装入量を減少せざるを得なかった。また、石灰石添加ペレット操業自体の不慣れの点もあり、初期においては品質的にも若干低下した。しかし、その他粉碎、造粒工程については、とくにトラブルもなく、比較的安定した操業が行なわれた。そこで第2期として石灰石を6% ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 0.8$)まで増しさらに高塩基化を図ったが、当初懸念したブロックの形成頻度が若干増したので焼成温度を $1,250^\circ\text{C}$ より $1,220^\circ\text{C}$ に下げブロックの減少を図った。このためブロックは減少したが、焼成温度の低下により第1期に比較して品質(タンブラー値、還元崩壊値)の低下をみた。しかしながら、当社における品質管理基準値(タンブラー値+5mm 93%以上、-1mm 4%以下)を満しており高炉炉況(石灰石添加ペレット配合率30~50%)への影響は認められなか

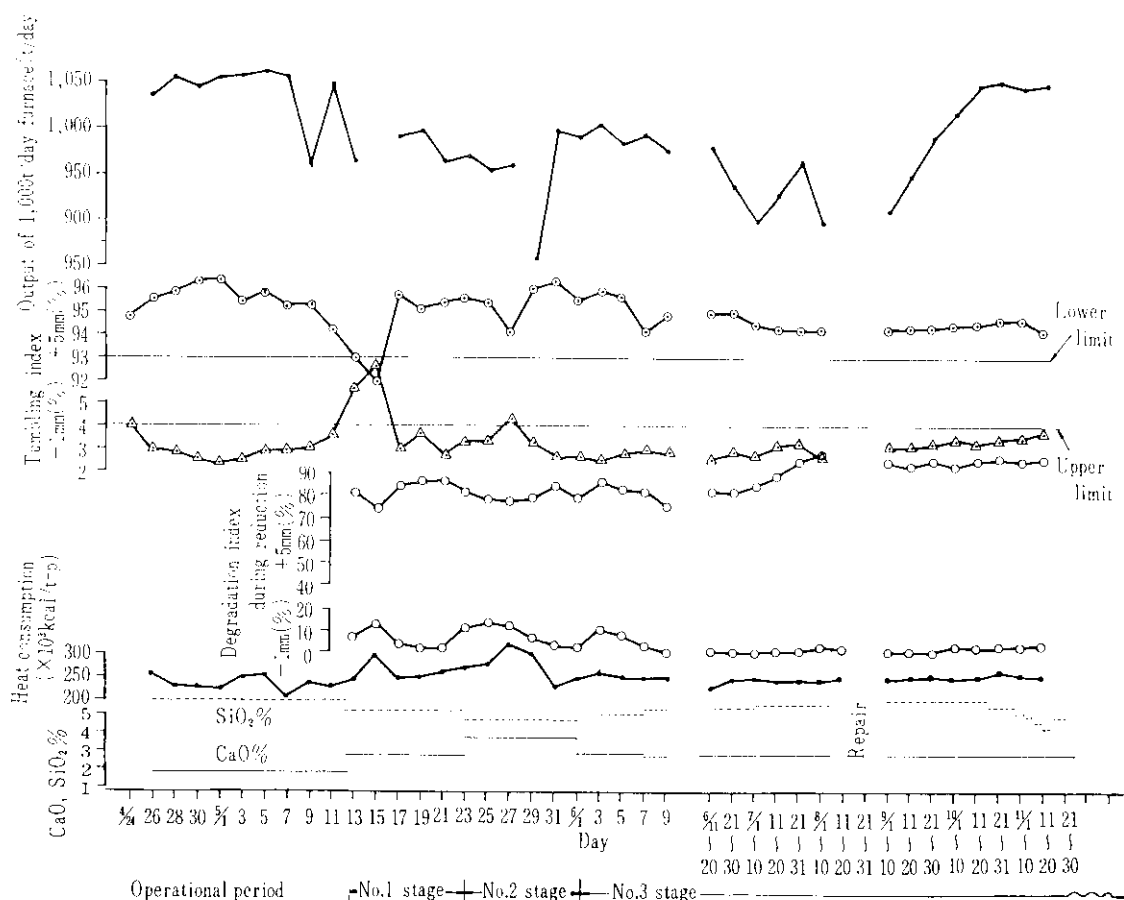


Fig. 18 Operational data of lime pellet production

った。したがって、堅型炉においても塩基度 0.8 程度の石灰石添加ペレットの製造の可能性が確認された。しかし品質の変動が大きく SiO_2 量 4 ~ 5 % 程度のレベルでは塩基度程度 0.8 が限界のようである。そこで品質の安定化を図るため第 3 期として第 1 期と同様に塩基度を 0.5 まで減少させ炉況の安定化を図った。また第 3 期は操業の習熟につれて、品質の変動がさらに少なくなってきたが、前述の理由より、排風管は酸性ペレット焼成時にくらべて詰まりやすい傾向にあり、このために生ずる品質の変動は無視できず、そこで昭和 44 年 8 月下旬に排風管に一部改造を施した。その後は排風管詰まりも減少し、品質の向上および生産量の増加をみた。したがって第 2 期の経験からすると排風管改造後の炉については塩基度 0.8 ~ 0.9 程度までの安定な操業が可能であると推測される

が、焼結鉄の過剰石灰との兼合い、および塩基度と成品ペレットの品質の関係から、現在塩基度 0.5 程度の操業を行なっている。

6. 結 言

以上、昭和 28 年より千葉製鉄所において、当社独自の技術により堅型炉によるペレットの製造を開始し現在に至っている。その間堅型炉の大型化を進め、現在日産 1,000 t/day の大型化に成功した。また、昭和 44 年 5 月より石灰石添加ペレットの製造を行ない、現在安定した操業が行なわれている。

1,000 t/day 炉の特徴として以下のとおりである。

(1) 熱風ダクトの採用によりグリーンボールの

熱衝撃による粉化が著しく減少した。

(2) 冷却空気の吹込みによって炉内温度分布が均一となり、焼けむらが少なくなった。またブロックの生成が大幅に減少した。

(3) メッシュコンベアの採用により排出コンベア上の散水の必要がなくなり、ペレットの品質が著しく向上した。

また焙焼炉の操業およびペレットの品質的な特徴としては

(1) 磁選精鉱方式の採用によって、粒度の比較的細かい磁選精鉱を多量に使用することが可能となり、品質の向上および生産量が増加した。

(2) 従来より堅型炉における石灰石添加ペレ

ットの製造は困難視されていたが、炉の数次の改造により、塩基度 0.8 のペレットの製造が可能となった。

この他、今後の計画としては、焙焼炉の大型化 (1,500t/day 炉) を予定しており、また操業的には還元性状の改善などの観点より、MgO 添加ペレットの製造およびベントナイトに代わる粘結剤の工場試験を近々実施する予定である。最後に、石灰石添加ペレット製造に関して積極的にご協力頂いた技術研究所製鉄研究室諸氏に深謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) E. B. Johnson : Trans. Soc. Min. Eng., **226** (1963), 122
- 2) K. E. Merklin and F. D. Deyaney : Min. Eng., **12** (1960), 266
- 3) D. G. Khoklov and S. I. Privalov, et al : Stal, (1963), 763
- 4) E. B. Johnson : Min. Eng., **15** (1963), 49
- 5) K. E. Merklin and F. D. Deyaney : Trans. Soc. Min. Eng., **226** (1963), 179
- 6) 国井他 : 鉄と鋼, **54** (1968) 4, 266
- 7) 藤井他 : 鉄と鋼, **54** (1968) 12, 1241
- 8) E. Ryshkawitch : Am. Ceram. Soc., **36** (1953), 65