

# ペレット工場の微粉炭燃焼について

## Powdered Coal Firing at the Pelletizing Plant

井 裕 弘\*  
Hiroshi Isako

### 1. はじめに

ペレット工場では鉄鉱石、副原料などを粉砕、造粒し約1,300℃の温度で焼成しペレット鉱をつくり高炉へ供給している。このペレット工場のシステムは熱効率面で秀れているが、石油系燃料に依存していたために二度にわたる石油価格の高騰によりペレット鉱の製造価格はいちじるしく押上られ休止を余儀なくされている工場もある。そこでこのエネルギー体質を改善すべく省エネルギー活動を推進するとともに、石油系から石炭系への燃料転換がはかられる事例が北米などで続出し当社でも時期を同じくして検討し微粉炭燃焼を決定し設備を設置したのち使用炭種の拡大と石炭混焼率の増大をはかりペレット鉱の製造原価を大巾にひきさげることに成功した。

### 2. 微粉炭燃焼方式

#### 2.1 石炭粉砕設備

石炭を微粉砕し燃焼させるには揮発分などの石炭性状とともに微粉炭の粒度が重要であり通常は88μ残が10~15%以下になるように粉砕している。粉砕機としては堅形ミル、ボールミル、ハンマーミルなどが考えられるが図-1に示すような堅形ミルが使用される例が多い。このミルの特徴は粉砕効率が良く据付面積が小さく騒音も少ないという長所をもっている。粉砕はテーブルとローラタイヤ間でおこなわれ粉砕に必要な加圧力は小形ミルではスプリング式で大形ミルでは油圧シリンダ式で調整される。図-1の堅形ミルでは分級機を内蔵しており石炭の粉砕性が少々変わってもローラタイヤの加圧力や分級点を調整することにより燃焼に最適な粒度が得られる。

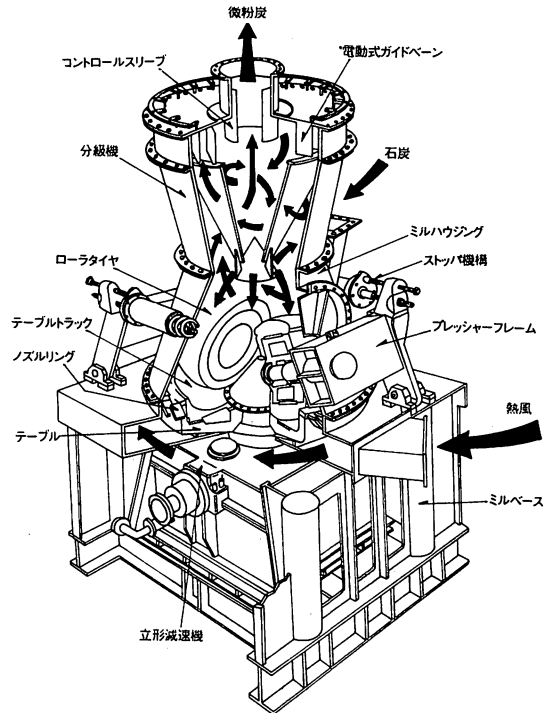


図-1 SPRING TYPE ROLLER MILL

#### 2.2 微粉炭バーナ

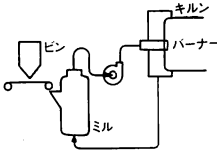
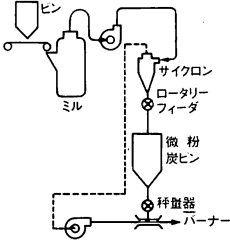
微粉炭は空気輸送で粉砕機からバーナに送られ炉内に吹きこまれるがその間は微粉炭が堆積しないようにするとともに耐摩耗性を考慮した材質・構造のダクトにする必要がある。空気輸送用の空気はバーナの一次空気として使用されバーナ先端より噴出された微粉炭は周辺の二次空気と混合されて燃焼する。従ってバーナの構造は火炎を安定させるために二次空気との混合を容易にすべく先端部に施回機能をもたせるとともに先端部での逆火を防止すべく吐出速度を20m/sec以上となるようにしている。

#### 2.3 燃焼システム

燃焼システムとしては大別してDIRECT FIRING

\* 関神戸製鋼所鉄鋼生産本部加古川製鉄所  
製鉄部ペレット課長  
〒675-01 加古川市金沢町一番地

表1 燃焼方式の比較

燃焼方式	DIRECT	INDIRECT
フローシート		
設備費	安い	高い
設備動力	小	大
爆発 燃焼経験	なし	サーキュレーションファン前発火
防爆 対策	設備面	1. 熱電対によるホッパー温度監視 1. 電装は防爆 1. ラプチャーディスク、アースあり
	作業面	1. 消火用スプリンクラー設置 1. 金属片除去装置設置 1. 溶接部は平滑に仕上げる 1. 耐圧型フィーダーで爆発力はバーナーに逃す 1. ラプチャーディスク、アースなし
	1. ダストフリー、石炭、炭塵を貯めない 1. ミル出口温度を厳密に管理する	同 左

SYSTEMとINDIRECT FIRING SYSTEM がある。各々のフローシートおよび特徴は表1に示すがINDIRECT FIRING SYSTEMは粉碎後の微粉炭を一時貯蔵し切出すので粉碎事で設備トラブルがあっても微粉炭燃焼を続けることができ、また、微粉炭を秤量して切出すので切出量制御における遅れ時間が少ないという長所をもっている。一方微粉炭を貯蔵することから、その燃焼および爆発防止のための考慮をばらねばならず設備の複雑さとあまって設備費が高い問題がある。いずれにしても要求される機能面からシステムを選定すれば良いがペレット工場においてはDIRECT FIRING SYSTEMを採用している例が多い。

### 3. 燃料としての石炭特性

燃料用としての石炭種の選定にあたっては、一般的に以下の特性を備えていることが望ましい。

- ①灰分の含有量が少なく融点が高いこと
- ②燃焼性が良いこと（揮発分がある程度高いこと）
- ③粉碎性が良いこと
- ④成分的にはS, N,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  などが少ないこと

さらにペレット工場においては鉄鉱石中のスラグと

石炭灰分とが反応し石炭灰が燃焼後に付着するという懸念があり、この面からの石炭種の選定はきわめて重要である。この付着性を示す指標として米国 Allis-Chalmers 社が1977年1月にAIMEで報告した付着指数、リング指数がある。付着指数とは比較的低温度（900～1,100℃）における石炭灰の付着度合を示す指数であり、リング指数とは比較的高温度（1,100℃以上）における石炭灰の付着度合を示す指数である。いずれも実験式であり前者においては特に単位発熱量当りの灰分が後者においては灰分の融点が影響し、それ以外に灰分の化学成分が影響している。これらの指数と他の特性もあわせてペレット工場の微粉炭燃焼に適した石炭種を選定することができる。表2に石炭種の分類基準の一例を示す。

### 4. 当所ペレット工場での微粉炭燃焼

#### 4.1 設備

当所ペレット工場では表1に示すような長所に注目してDirect Firing Systemを採用した。図-2に当所ペレット工場の微粉炭燃焼設備のフローを示す。図-2に示すように石炭は、いったん貯炭槽に貯えられたのち定量切出され、ベルトコンベアでローラミルへ供給される。ローラミルでは高温空気で乾燥されながら分

表2 EXAMPLE OF COAL CHARACTERISTICS

	CHEMICAL COMPOSITION OF ASH				M, T °C	ULTIMATE ANALYSIS			
	SI O2	AL 2O3	FE 2O3	CAO		C	H	N	S
1	50.96	30.81	7.62	2.09	1,403	82.55	4.16	1.12	0.72
2	49.40	28.58	9.69	3.81	1,353	80.70	4.83	1.29	0.69
3	51.61	27.91	8.90	2.40	1,376	80.88	4.89	1.27	0.77
4	58.73	18.25	3.45	7.42	1,275	70.36	4.72	1.08	0.53
5	63.94	17.65	3.51	5.23	1,300	70.26	4.92	1.21	0.70
6	59.09	14.84	4.86	10.51	1,200	68.18	4.50	0.95	0.54
7	57.31	29.94	4.90	1.84	1,390	79.59	4.28	1.62	0.56
8	53.15	27.29	9.00	1.85	1,382	77.18	4.74	1.45	0.47
9	51.48	36.38	4.23	1.48	1,410	80.75	4.67	1.55	0.56
10	55.15	30.75	5.09	1.88	1,387	77.14	4.66	1.73	0.44
11	48.08	24.21	15.42	2.96	1,330	76.58	4.64	1.61	0.51
12	58.19	25.46	6.84	2.29	1,377	73.70	4.87	1.61	0.58
13	40.99	33.52	3.69	7.86	1,403	76.21	4.62	1.68	0.63

M. T: MELTING TEMPERATURE

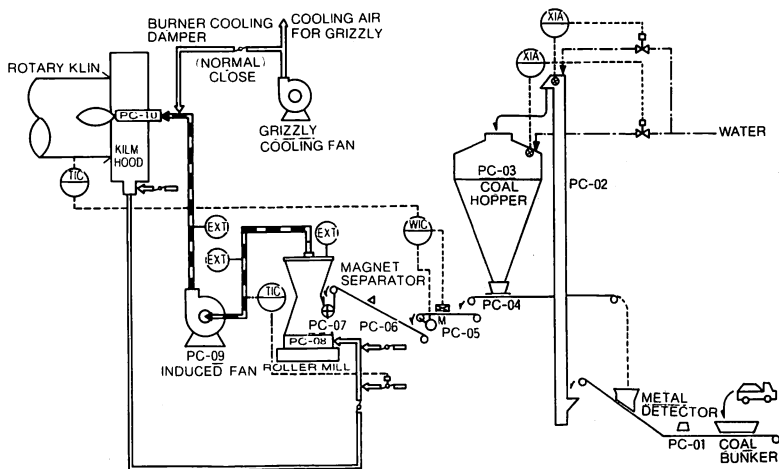


図-2 FLOWSHEET OF COAL FIRING SYSTEM

級機を内蔵した閉回路方式で粉碎され、微粉炭はバーナに空気輸送されるシステムである。この乾燥用空気にはペレット工場低温部の排気が利用され適正温度に調整されたのちローラミルへ導かれる。当所ペレット工場に設置したローラミルは当社製であり、その能力は約12T/Hである。

また、この設備設置にあたっては微粉炭の取扱いにともなう炭塵爆発や自然発火の防止について下記のように配慮した。

(1) 石炭、微粉炭の堆積付着の防止

- ・建築物の柱、梁などは壁の外側に出す。
- ・ホッパ、シュートなどの角度を70度以上とする。

・床面は、水洗を容易にできる構造とする。

(2) 自然発火の防止

- ・ローラミルへの金属片の混入を防止するためにマグネットセパレータを設置する
- ・ダクトなどの帯電を防止するためにアースをとる
- ・ローラミル出口ガス温度を最適値に制御し、かつその温度計は二重に設置し、信頼度を向上させる

(3) 二次災害の防止

- ・ダクトは耐圧構造とし、最低7 kgf/cm<sup>2</sup>で管理する。
- ・耐圧構造が困難な箇所には爆発口を設置する
- ・ガス圧力の急上昇を検知して不活性ガスパーズをする爆発抑制装置を設置する

4.2 操業

1981年3月からキルンの微粉炭燃焼を開始して以来、今日まで順調に操業してきた。図-3に実機キルン内での微粉炭によるフレイムの状況を示す。

4.2.1 炭分付着管理方法

ペレット工場で使用する石炭は、安定操業上、付着指数およびリング指数の低い良質炭が望ましいが経済面、石炭の需給面から劣質炭も使用する必要がある。このため良質炭、劣質炭の混合燃焼技術の開発に取組んだ。

この混合燃焼にあたっては、おのおの石炭を定量供給したのちに混合し、かつグレート焼成炉に灰分付着状況測定装置を設置し最適混合比の把握に努めた。性質の異なる2種類以上の石炭を混合した場合その付着性は両者の混炭割合に比例しないで良質炭の方に傾くという特性がある。さらに、そのために均一な混炭の重要性がいっそう大きくなる。図-4にその例を示す。また、灰分の付着量は微粉炭の粒度によっても増減する。すなわち同一石炭種群内でも硬い(粉砕性の悪い)石炭は付着量が多い。したがってペレット工場の安定

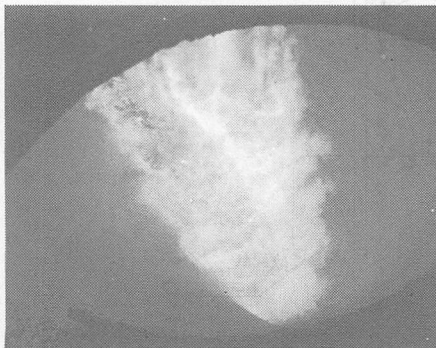


図-3 Coal Flame

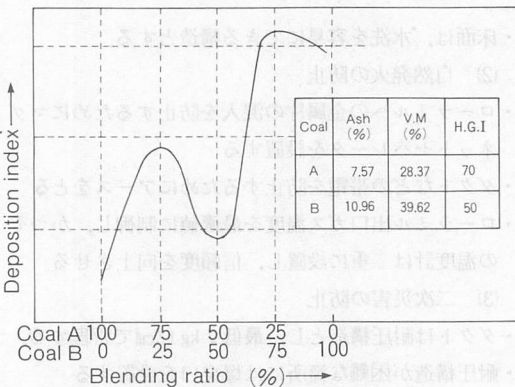


図-4 Relation between coal blending ratio and deposition index

操業をはかるためには微粉炭粒度の管理が重要であり、88 $\mu$ 残が20%以下を目標として粉砕している。

4.2.2. 微粉炭粒度の管理

微粉炭の粒度は、空気輸送中のダクト内から吸引タイプのサンプリング装置により採取し、レーザ方式のマイクロアナライザにより測定している。この粒度はローラミル内の分級点の調整、石炭種、ローラの形状などにより調整でき、その例を図-5に示す。炭種が変わるごとにローラミルの調整をおこない目標の粒度となるようにしている。

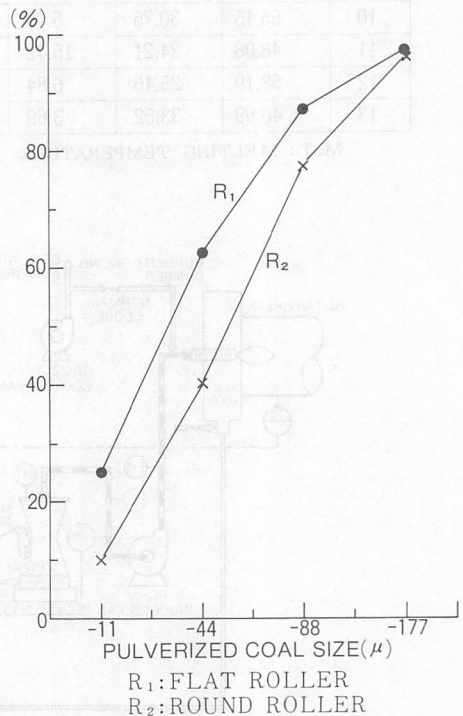


図-5 CHANGE OF ROLLER SHAPE

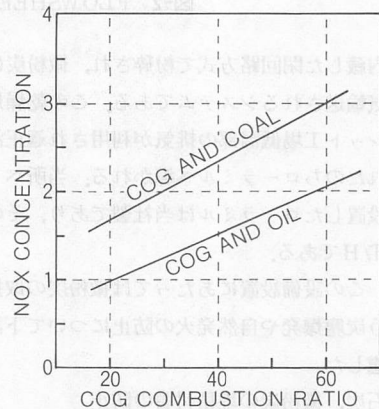


図-6 COG COMBUSTION RATIO AND NOx CONCENTRATION

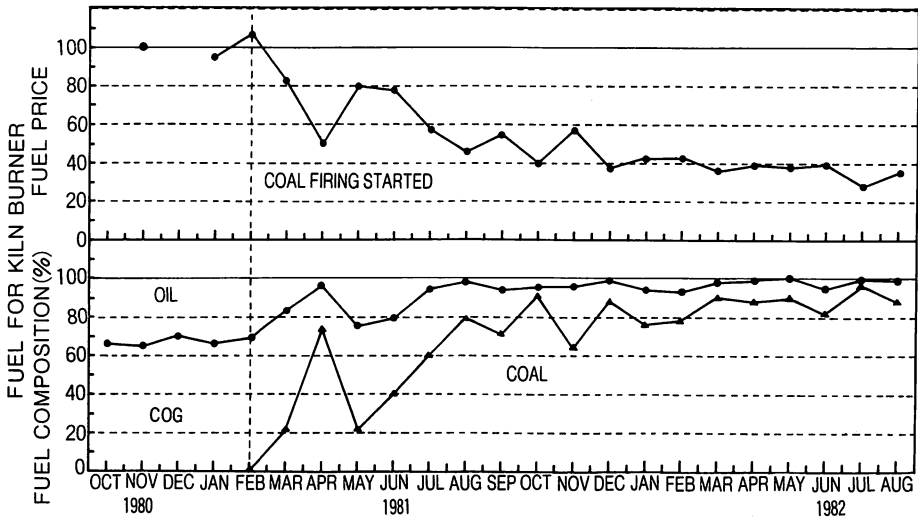


図-7 TRANSITION OF COMPOSITION FOR KILN BURNER AND FUEL PRICE

4.2.3 石炭燃焼におけるNO<sub>x</sub>とSO<sub>x</sub>

ペレット鉱の回転窯での焼成の特徴として、焼成フレーム温度が約1600°Cで酸素15~16%の酸化性雰囲気である。したがってNO<sub>x</sub>の発生形態はThermal-NO<sub>x</sub>がFuel-NO<sub>x</sub>にくらべ大巾な割合をしめていると考えられる。

従来使用してきたCOG-重油混焼の場合のCOG混焼比とNO<sub>x</sub>量の関係およびCOG-石炭混焼の場合のCOG混焼比とNO<sub>x</sub>量関係を図-6に示す。

SO<sub>x</sub>は重油と石炭に含まれる硫黄分がほぼ等しく、またSO<sub>x</sub>への転換率も同等であるためCOG-石炭混焼への転換で変化は認められなかった。

4.2.4 石炭の混焼比

'80年10月以降の回転窯での燃料構成比および燃料価格と推移を図-7に示した。

回転窯での灰分付着量の管理を徹底することにより逐次石炭の混焼率を増加させてきたが、回転窯でのペレット焼成温度の管理をおこなうためにCOGと一部混焼している。

石炭混焼をおこなうことにより、燃料費は約60%の低減をはかることができた。

4.2.5 成品品質

重油混焼と石炭混焼によるペレット鉱の品質は、化学組成、物理特性ともに変化はまったく認められなかった。しかし、回転窯でのペレット焼成は、フレーム長さ、およびフレーム輻射率が重油と石炭では異なるので設定温度を変える必要がある。

5. む す び

石油価格の高騰に対処するために、ペレット工場では重油から石炭の燃料転換をおこなう事例が増しており当所でも、いち早く検討を始め、設備を建設し、当初計画した効果をあげることができた。すなわち石炭混焼比率の増大、石炭種の拡大などをはかり、大巾な燃料費の低減を達成した。これで当ペレット工場としては重油、COG、石炭のいずれでも燃料として操業、ペレット鉱の品質をそこなうことなく使用できるようになり、その時々燃料単価をにらみながら、もっとも経済性の良い選択ができるようになったと考えている。今後、さらに検討すべきは、よりいっそうの石炭種の拡大とともに、永遠の課題である製造に要するエネルギーを低減させることと考えている。