

## 討 5

### 大分第1高炉の微粉炭吹込操業

新日本製鐵

大分製鐵所

川辺正行, 竹村顯二, 和栗真次郎, 梶原豊太, ○馬場昌喜

本社 技術本部 石川泰

設備技術本部 長谷川晟, 工作事業部 南昭三

#### 1. 緒 言

最近のエネルギー情勢変化、第2次オイルショック以降の重油価格の高騰により、当社の高炉は、昭和56年5月、全基オイルレス操業に移行した。

大分第1高炉(2次)は、昭和54年8月火入れ後8ヶ月目の昭和55年3月に、オイルレス操業に移行した。オイルレス操業移行に伴ない、日常操業における有力な炉熱制御手段の欠如、O/C低下に伴う装入物分布変化、水素入量低下等、オイル吹込操業と大きく異なる条件下での高炉操業を行なっている。すなわち、日常操業の炉熱制御手段として、送風温度アクションを再使用し、又水蒸気添加により水素入量を確保し、炉内還元バランスを保っている現状にある。

上記、オイルに代わる石炭系補助燃料吹込技術として、十数年間実炉吹込実績を有する米国アームコ社の微粉炭吹込(P.C.I.)技術を、4,000 $m^3$ 級大型高炉に適用導入し、昭和56年6月26日営業運転を開始し、順調な操業を継続しているので、以下報告する。

#### 2. 大分第1高炉 P.C.I.システムの設備概要

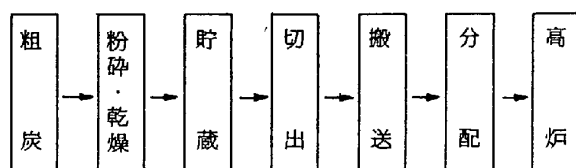


Fig. 1 に、P.C.I.システムフローを示す。

本システムの特徴は、下記のとおりである。

- (1) 安全かつ均質搬送性に優れる。  
粉体工学的に完成された機能を有する
- (2) 羽口円周均一分配が可能。  
均等分配機能を有する分配器設置
- (3) システムの信頼性が高く、設備管理が容易。  
高圧吹込システムに、可動部分がない。  
単一搬送ラインの採用。
- (4) 安全・確実な完全防爆システムの採用。  
粉碎・貯蔵工程での爆発防止

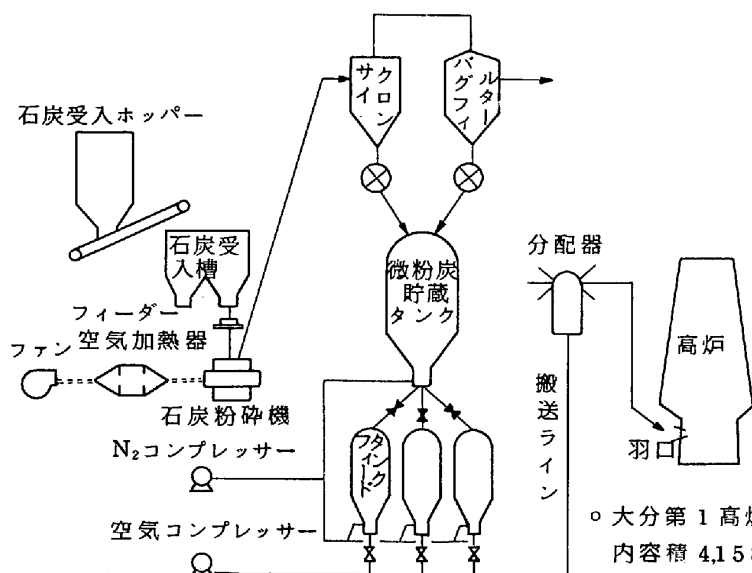


Fig. 1. 大分第1高炉 P.C.I.システム

- 大分第1高炉  
内容積 4,158  $m^3$   
羽口本数 38 本  
出鉄能力 10,000 t/日
- 微粉炭吹込能力  
1,000 t/日

### 3. 大型・高温・高圧高炉への適用に関する検討

アームコ社のP.C.I.技術を、大分第1高炉に導入するに当たり、以下述べる項目について、検討・検証を行なった。実炉検証は、大分第2高炉に設置した羽口1本吹込テスト装置にて行なった。

(昭和55年11月テスト開始)

Table 1. 大分第1高炉とアームコ社アマンダ高炉との操業条件差異

高炉名	高炉内容積	送風温度	送風圧力	羽口先速度	羽口数	炉床径
大分第1高炉	4158 m <sup>3</sup>	1300 °C	4.5 atg	260 m/s	38 本	14.0 m
アマンダ高炉	2040 m <sup>3</sup>	900 °C	2.0 atg	190 m/s	24 本	10.2 m

#### 3.1 燃焼性

燃焼性に影響する要因としては、高炉操業要因及び微粉炭(P.C.)の物性要因に大別して、検討を行なった。

高炉操業要因 (1)送風温度 (2)送風圧力 (3)羽口先風速 (4)送風湿分

P.C.物性要因 (1)粒子径 (2)粒子濃度 (3)石炭種

P.C.燃焼に関する文献を要約すれば、下記のとおりである。

- (1) 燃焼温度上昇は、指数関数的な燃焼促進効果を有するが、1150~1400°Cで影響が小さくなる。<sup>1)</sup>
- (2) 送風圧力上昇は、3~4 ataまでは、燃焼促進効果を有するが、それ以上の圧力では飽和する。<sup>2)</sup>
- (3) 羽口先風速及び炉内滞留時間差が燃焼効率に与える影響は小さい。<sup>1)</sup>
- (4) P.C.要因としては、100μm以下の粒子径、25%以上のV.M.であれば、一般に燃焼性は良好である。<sup>3)</sup>

高炉操業条件差のみで、アマンダ高炉に較べて、約2倍程度燃焼性が向上するとの試算を得た。

羽口1本吹込テストにて、80 kg/t-p相当までの燃焼性の実炉検証を行なった結果では、下記のとおりである。(Fig. 2 参照)

- (1) 高速度フィルム画像解析結果では、大半の燃焼は数ミリ秒(ms)で終了している。
- (2) ガス分析結果では、レースウェイ深度1 m 以内(滞留時間: 5ms)で、燃焼が終了していると判断できる。

以上の結果より、レースウェイでのP.C.の燃焼性は良好と判断をした。

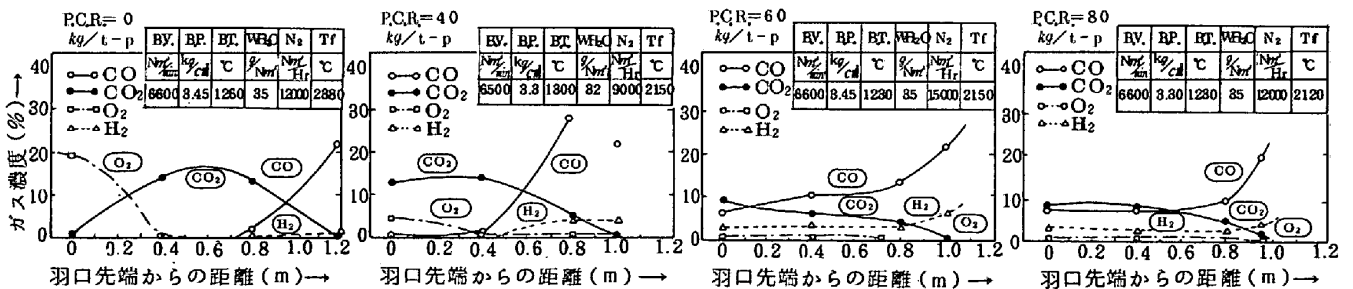


Fig. 2. レースウェイ内ガス分布曲線

#### 3.2 レースウェイ

P.C.吹込が、レースウェイ構造に与える影響については、Fig. 2のごとく、レースウェイ内ガス成分(CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>)測定及びレースウェイ深度測定により、定量的把握を行なった。

燃焼焦点すなわちCO<sub>2</sub>最大点とP.C.吹込量との関係は、オイル吹込と同様<sup>4)</sup>吹込増につれて、羽口寄りに移動することが確認された。又、O<sub>2</sub>濃度分布もオイルとはほぼ同様の傾向が認められた。

(Fig. 3)

レースウェイ深度については、オイル吹込時と同様に、Froude 数と比例関係にある。換言すれば、レースウェイ深度は、慣性力によって支配される力学的相似関係にある。<sup>5)</sup> (Fig. 4) 以上の事実により、吹込量がレースウェイ構造に与える影響は、P.C.吹込とオイル吹込とは、大きな差異はなく、P.C.吹込は、ほぼオイル吹込と同等の操業が可能と判断した。

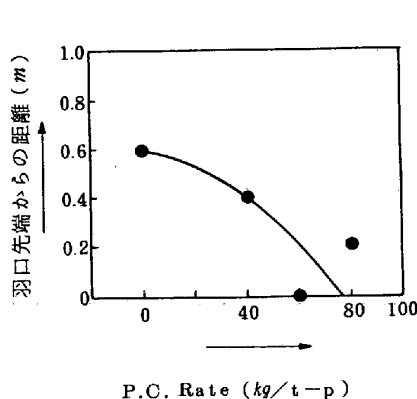


Fig. 3. CO<sub>2</sub>最大点のP.C.R.による変化

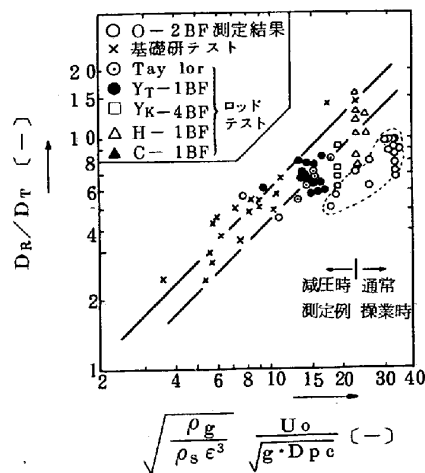


Fig. 4. レースウェイ深度とFr数

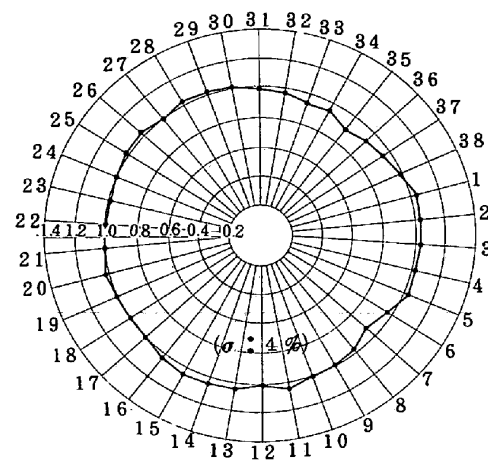


Fig. 5. 円周均一分配性

### 3.3 安定搬送制御

P.C.搬送については、脈動の少ない均質流を確保することが望ましい。特に、高圧化・大型化に伴う影響は、フィードタンク・搬送ライン・羽口ライン全域にわたって、検討・実炉検証を行ない、実機設計へ反映した。

### 3.4 羽口円周均一分配性

円周バランスは、高炉操業上、最も重要な項目である。定期休風を利用したバグ捕集方式による分配性測定結果によれば、Fig. 5に示すとおり、再現性のある良好な分配精度が得られている。

## 4. 立上げ操業計画及び実績

### 4.1 立上げ操業計画

大型高炉のP.C.I.設備技術・操業技術の早期確立を図るため、下記の考え方で操業設計を行なった。

(1) 立上げ速度・吹込目標については、下記の3ステップを踏む。

第1段階 30～40 kg/t-p 迄は、P.C.安定搬送確保・オイル吹込と同様の高炉操業に近づけるため、できるだけ早く立上げる。

第2段階 50～55 kg/t-p 重油比 30～40 kg/t-p 相当レベル

第3段階 80 kg/t-p 吹込到達目標レベル

いずれの段階においても、高炉操業最適化のための保持期間を設けるが、何ら問題なき時は、前倒しの立上げ速度とする。

(2) P.C.増に伴ない、送風温度は設備能力最大とし、送風湿分は低減させ、水素入量一定を狙う。

### 4.2 立上げ操業実績 (Fig. 6 参照)

昭和56年6月26日営業運転開始後、設備面・機能面の大きなトラブルはなく、計画を上回る立上げを行なった。操業上の主たる特徴点は、次の3点である。

- (1) 吹込50日後に、第1段階吹込レベルの前倒し達成
- (2) 吹込増に伴ない、順調にコークス比 (C.R.) 低減を行ない、実績置換率 1.1～1.2 の達成 (対オールコークス平均高炉操業 Table 2)
- (3) 操業安定による溶銑成分 (Si%) の安定 (Fig. 7)

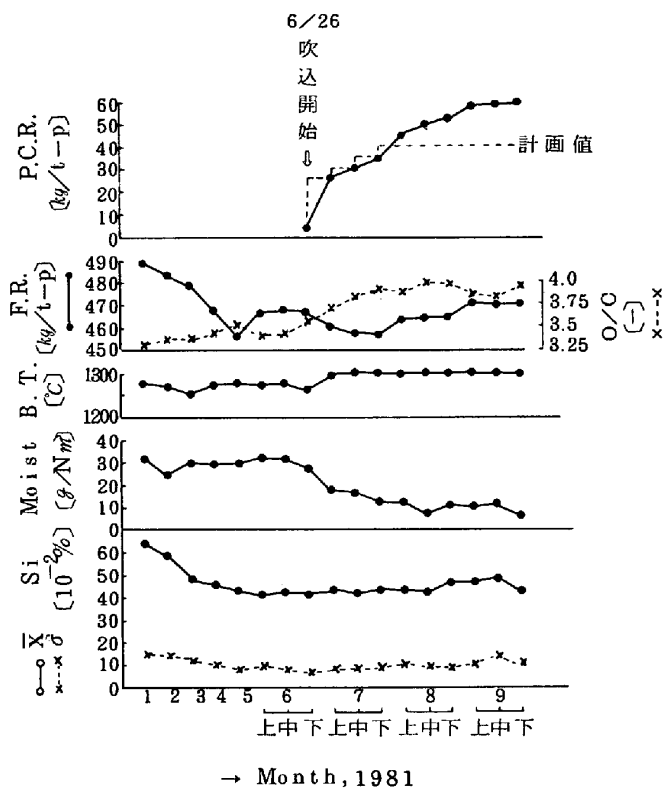


Fig. 6. 大分1BF-P.C.I.立上げ操業推移

Table 2. 置換率算定時の操業比較

	オールコークス操業 昭和55年8月	PCI操業 昭和56年8月
出鉄比( $\text{t/d}\cdot\text{m}^3$ )	1.83	1.74
F.R. ( $\text{kg/t-p}$ )	469.3	463.4
C.R. ( " )	469.3	411.2
P.C.R. ( " )	—	52.2
B.T. (°C)	1281	1298
Moist ( $\text{g/Nm}^3$ )	22	10.5

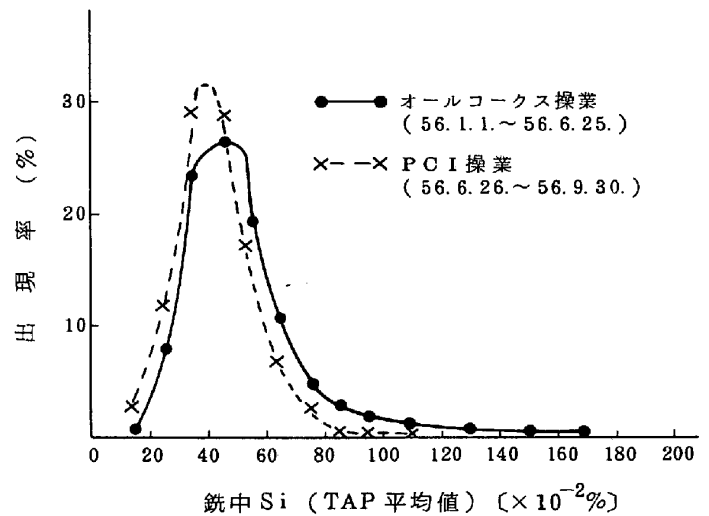


Fig. 7. 溶鉄成分安定化

## 5. 結言

- (1) 長年の実績を有するアームコ方式のP.C.I.技術を導入し、4000 $\text{m}^3$ 級の大分第1高炉を対象に大型・超高圧・高温送風高炉への適用技術を開発し、微粉炭吹込に成功した。
- (2) 特に高圧化・高温化送風条件については、アームコ社技術情報及び大分第2高炉の羽口1本吹込テスト装置を活用した技術検討・実炉検証を行なった。
- (3) P.C.吹込増に伴ない、順調にC.R.を低減し、55 $\text{kg/t-p}$ レベルにて、1.1 ~ 1.2の置換率が得られている。
- (4) 高炉操業の安定により、溶鉄Si(%)が安定した。

## 6. 引用文献

- (1) P. H. G. & R. H. E'SSENHIGH: "Coal Combustion in a Jet Mix Stirred Reactor", 17th 燃焼シンポジウム, '78
- (2) C. NEAGA: "微粉炭の燃焼ダイナミックスに及ぼす圧力の影響"  
Rev. Roum. Sci. Tech-Electro Tech et Energ., '78
- (3) R. H. E'SSENHIGH: "Combustion & Flame Propagation in Coal Systems", 16th 燃焼シンポジウム
- (4) 稲谷, 岡部他: 鉄と鋼, 62, 1976
- (5) 中村, 杉山他: 鉄と鋼, 63, 1977