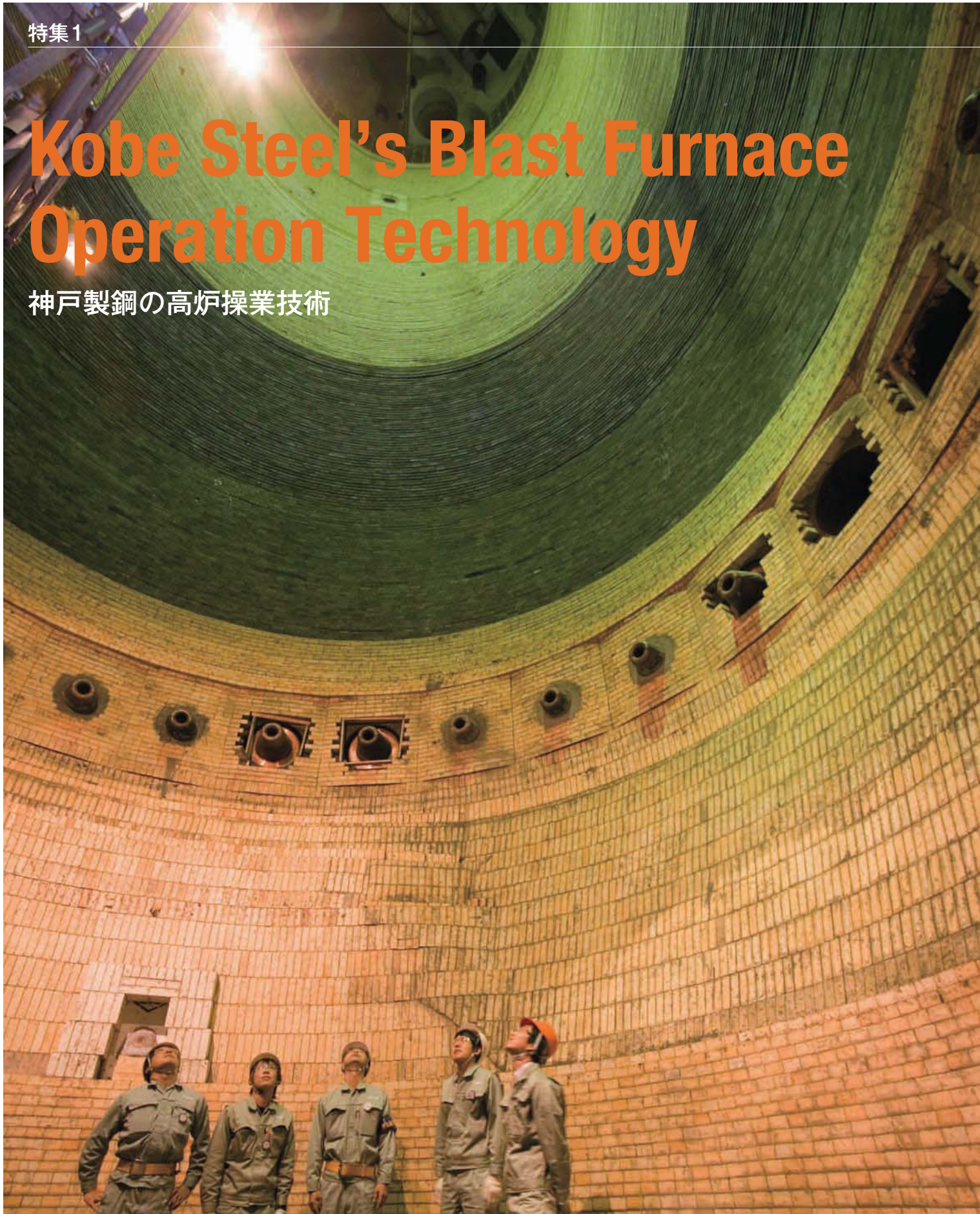


特集 1

Kobe Steel's Blast Furnace Operation Technology

神戸製鋼の高炉操業技術



当社は2009年1月、高炉操業50周年を迎えます。日本最後発の高炉メーカーであった当社は、操業以来、数々の難題に挑戦し続け、今では業界をリードする高炉操業技術を確立しています。



当社の高炉操業の歩み

1959年1月16日、神戸製鉄所第1号高炉に火入れが行われ、平炉・電気炉メーカーであった当社は、銑鋼一貫の高炉メーカーとしての第一歩を踏み出しました。その後、日本の高度経済成長のもと、神戸製鉄所第2・第3号高炉、加古川製鉄所第1・第2号高炉を建設し、独自の高炉操業技術を積み重ねてきました。各高炉の改修や小型高炉の停止を経て、現在、加古川第2号高炉(炉内容積5,400m³)、加古川第3号高炉(炉内容積4,500m³)、神戸第3号高炉(炉内容積2,112m³)の3基が稼働しています。

高炉の役割

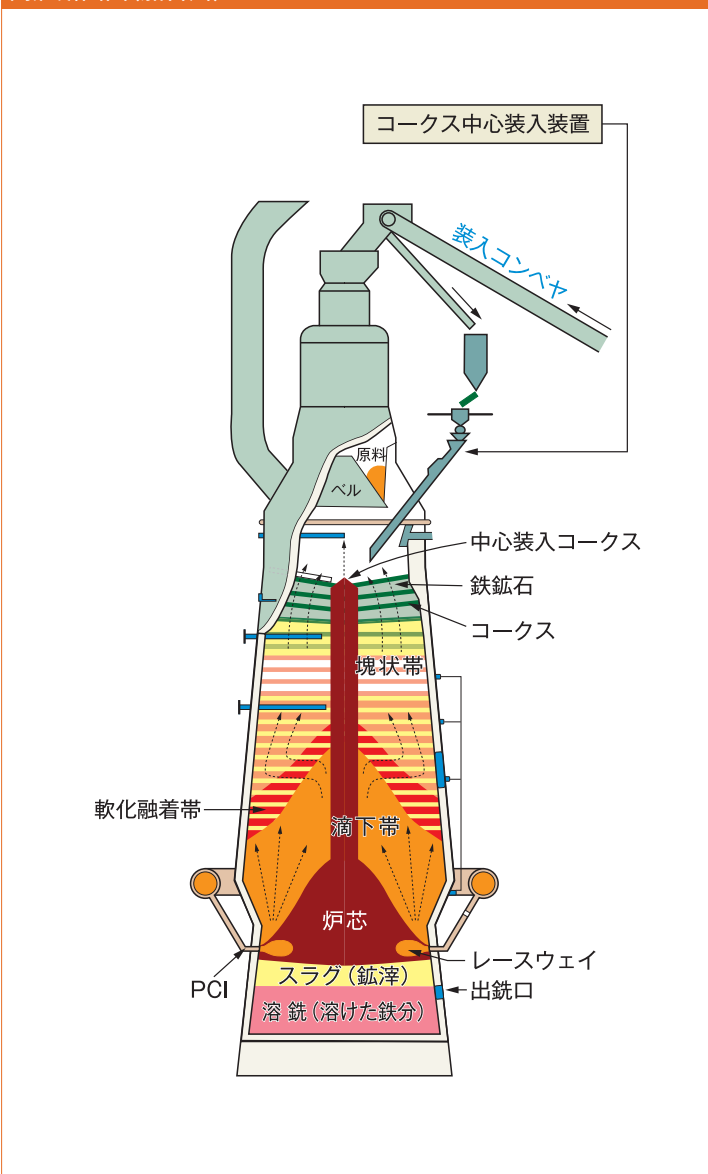
鉄鋼業の象徴といわれる高炉は、鉄鉱石などの鉄鋼原料を溶解・還元(酸化鉄の酸素を取り除く)し、銑鉄をつくる巨大な反応容器です。製銑工程は、①高炉上部から鉄鋼原料とコークスなどの還元剤を交互に入れる、②高炉下部から約1,200℃の熱風と微粉炭などの補助還元剤を吹き込む、③熱風が微粉炭やコークス*を燃やしながらから2,000℃以上のCOガスとなって上昇する、④上昇COガスによって、鉄鋼原料が1,000℃~1,200℃まで熱せられて溶解すると同時に、還元反応によって1,500℃の溶銑(溶けた鉄銑)とスラグ(銑滓)に分かれて炉底に溜まる、という流れになります。

*石炭を塊で蒸し焼きにしたもの

高炉操業のポイント

高炉操業においては、いかに効率良く熱を伝えるか、いかに効率良く還元するかが鍵となります。熱効率を上げ、鉄鉱石の還元性を高めるためには、高炉下部から送風される熱風が中心に集まってから、炉内に均一に分配されるのが理想です。そのためには、軟化融着帯と呼ばれる、鉄鉱石の塊とコークスが交互に重なる溶融層が、逆V字型になっていることが重要となります。当社は、この理想的な逆V字型の軟化融着帯を実現するための特長ある高炉操業技術を有しています。

高炉断面図(加古川)



3つの独自技術

1. コークス中心装入技術

鉄鋼原料には、鉱山で産出されたままの塊鉱石、粉状の鉄鉱石を焼き固めた焼結鉱、さらに微粒な粉鉱石を造粒して焼いたペレット鉱があります。当社は、後発の高炉メーカーであったという歴史的背景もあり、ペレット鉱を多用しています。ペレット鉱は比較的安価ですが、形状が丸いため炉内中心部に流れ込んでガスの流れを阻害するため、逆V字型軟化融着帯の形成を妨げる要因となります。これを解決するために、1987年に当社が開発したのが、「コークス中心装入技術」です。同技術は、従来のコークスと鉄鉱石を交互に装入する作業とは別に、少量のコークスを炉の中心部分に装入することにより、炉芯部の通気性・通液性を向上させ、逆V字型軟化融着帯を形成する技術です。世界初のこの技術により、高炉の安定操業と長寿命化を可能にしました。この「コークス中心装入技術」は当社が特許を取得し、他社にも技術供与しています。

コークス中心装入

高炉へのコークス中心装入による高炉操業の改善

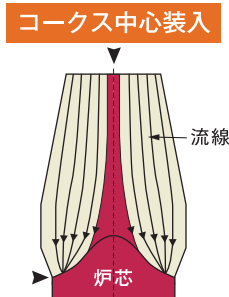
基本原理

- 中心部に装入したコークスが炉芯を形成する

原理の応用

- 中心部の通気性を向上
- 逆V字型融着帯を形成し、操業を安定化させる
- 中心部コークスの劣化反応抑制
- 健全なコークスを炉芯に供給し、通気・通液性を向上させる

コークス中心装入



2. オールペレット操業

当社は、「コークス中心装入技術」を開発したことにより、ペレット鉱の非常に高い使用比率を実現しています。鉄1トン当たりの比率でいうと、他社では塊鉱石20%・焼結鉱80%の割合であるのに対し、当社神戸製鉄所第3号高炉では塊鉱石30%・ペレット鉱70%(=オールペレット操業*)、同加古川製鉄所の第2・第3高炉では塊鉱石20%・ペレット鉱30%・焼結鉱50%の比率を達成しています。

しかし、ペレット鉱の多用はコスト競争力の向上には寄与しますが、操業上困難を伴います。還元されにくい性質を持つペレット鉱は、ペレットの周りが還元しても中心部まで還元されず、潰れてしまいます。潰れたペレットは炉内を降下し、熱風を吹き込むための羽口に落下と高熱の衝撃を与え、羽口破損の原因にもなります。これらを解決するために当社は、ペレット鉱の使用技術にさまざまな改良を加えました。例えば、「ドロマイトペレット」と呼ぶ、ドロマイトを添加して、ペレット鉱石が潰れないような成分設計にする独自技術を確立しています。

* オールペレット操業：高炉原料のうち、ペレット鉱・焼結鉱などの事前焼成過程を経たものを焼成鉱と呼び、オールペレット操業とは焼成鉱すべてがペレット鉱になった状態をいう。

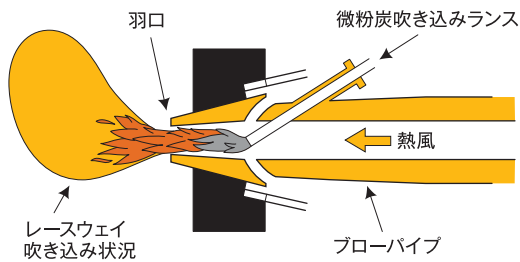
3. 微粉炭吹き込み(PCI)技術

当社は高炉操業において、熱源および還元剤として微粉炭(PC)を多用していることも特徴の一つです。微粉炭は、石炭を平均粒径60ミクロン程度の微細な粉にしたもので、購入コストはコークスの半分です。当社はコークスを外部調達しているという背景から、コークスの割合を減らし、微粉炭の割合を増やすための開発に取り組んできました。その結果、鉄を1トンつくるのに必要な還元剤比(コークスと微粉炭の合計)500キログラムのうち、世界で初めてコークス300キログラム以下を達成し、世界トップレベルのPC比率を実現しています。

高いPC比率は、独自の微粉炭吹き込み(PCI)技術により可能となりました。具体的には、右上図のように、微粉炭を専用の吹き込みランスから、熱風とは別系統で高炉に送り、炉内で点火・燃焼させます。この点火位置が炉内側にあることが、当社の独自性となります。

PCI (Pulverized Coal Injection) 高炉への微粉炭多量吹き込み

自社開発の吹き込みシステムで世界一の吹き込みレベルを目指して、多量吹き込みの開発をしている。



コークスに比べ安価な石炭を微粉にし、羽口より吹き込み、コークスの使用量を減らす。

これからの課題

現在、高炉に依らない新たな製鉄法の開発が各社で進められており、当社でも事業化しています(本冊子の12~15ページに掲載)。しかし、高炉法は高品位の鉄源を低コストで大量生産できることから、今後も次世代製鉄法と併存していくと考えます。その場合、高炉法の一つの課題はCO₂排出に代表される環境問題です。当社はこの問題に対応するため、還元剤比の低減という課題に挑戦していきます。

また、現在の高炉操業では「炉況(高炉安定操業)」を判断するためにセンサーを多用していますが、まだ人間の五感に頼ることも少なくありません。次世代への技能伝承の観点から、今後は人間の五感をセンサーに置き換えて、より操業しやすい環境づくりに努めていきます。

Column



加古川技術研究センター製鉄研究開発室長
松井 良行

今後、鉄鋼産業としては、高付加価値の製品をさらに目指す「高付加価値主義」が第一義です。そのためには大量生産の溶銑製造システムとして、高付加価値の鉄鋼製品を下支えするための鉄源の確保、すなわち「炉況」の安定化、さらにはCO₂排出低減に代表される環境調和に向けた低還元剤比操業を両極として技術開発に取り組んでいきます。