

水素系気体燃料を活用した鉄鉱石焼結プロセスの開発

大山伸幸^{*1)}

岩見友司^{*2)}

渡辺芳典^{*3)}

佐藤道貴^{*4)}

武田幹治^{*5)}

1. 緒 言

現在、鉄鋼業において、CO₂ 排出量の削減は、世界的な地球温暖化問題に対応するため、喫緊の課題となっている。そして、我が国の鉄鋼業からのエネルギー起源の CO₂ 排出量は、国内全体の約16%を占め、その内の60%程度が焼結-高炉工程から発生しており、この工程における炭素系燃料の削減が急務となっている。

図1に示すように、これまでの鉄鉱石の焼結プロセスでは、粉状鉄鉱石、石灰石、および粉コークス(炭素系固体燃料)は混合・造粒された後、焼結機に装入され、固体燃料に点火後、焼結反応を進行させながら塊成化される。得られた焼結鉱は、高炉内通気性確保のために粉碎・整粒され、5 mm 以上が高炉へ、5 mm 未満は焼結原料として再焼成される。ここで、焼結鉱の冷間強度が向上し、歩留(粉碎時の粒径5 mm 以上の焼結鉱発生率)が向上できれば、5 mm 未満の焼結鉱の再焼結に必要な粉コークス(C)量を削減でき、CO₂ 排出量を減らすことが可能となる。さらに、高炉工程において、使用する焼結鉱の被還元性が向上できれば、還元材として使用する塊コークス(C)量を削減でき、CO₂ 排出量が削減可能となる⁽¹⁾。したがって、冷間強度と被還元性に優れた焼結鉱を製造することで、製鉄所の6割以上のCO₂を排出している焼結-高炉工程において、CO₂ 排出量の大幅な削減が可能となる。

しかし、一般的に、冷間強度と被還元性は、一方を改善す

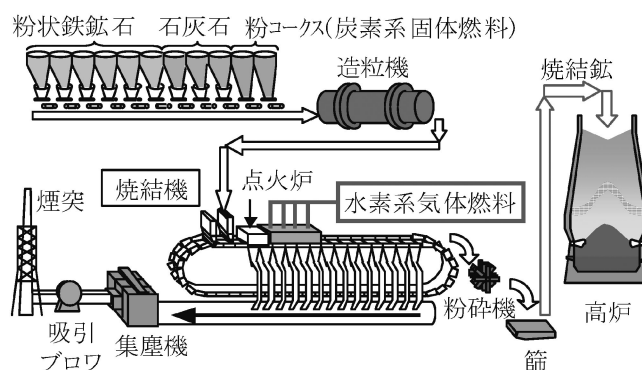


図1 焼結-高炉プロセスの概略図。

ると、他方が悪化する関係にあり、両者を改善できる技術が切望されていた。

従来より、CO₂ 排出量の削減を目的に、焼結鉱の冷間強度と被還元性を改善する技術が検討されている。これまでに、強度改善技術としては、焼結機上で強度が低い上層部の改善を目的として、コークス二段装入法⁽²⁾、および、保熱炉の設置⁽³⁾が試みられてきた。さらに、最近では、低品位鉄鉱石の造粒操作を改善することで、焼結鉱全体の強度改善を目的とした選択造粒法⁽⁴⁾が検討されている。しかし、いずれも設備構成が複雑で設備投資額が膨大となるだけでなく、改善効果も小さいことから、普及が進んでいないのが実状である。したがって、シンプルな設備で、焼結鉱の冷間強度と被還元性の改善効果が大きい技術の開発が望まれていた。

そこで、今回、著者らは、粉コークスに点火後、焼結機に水素系気体燃料を適切な条件・設備で吹き込むという新規なアイデアに基づき、焼結鉱の冷間強度と被還元性を同時に大幅に改善できる革新的な焼結技術を開発し、世界で初めて、弊社・東日本製鉄所(京浜地区)第1焼結工場において、実用化に成功した。

本報では、本技術の基礎研究の結果、および実機における改善効果について述べる。

* JFE スチール株式会社：

1) スチール研究所製鉄研究部 主任研究員

2) スチール研究所製鉄研究部 研究員

3) 東日本製鉄所(京浜地区)製鉄部 原料工場長

4) スチール研究所製鉄研究部 部長

5) スチール研究所 主席研究員

Development of New Sintering Process of Iron Ore through Injecting Hydrogen-based Gaseous Fuels; Nobuyuki Oyama, Yuji Iwami, Yoshinori Watanabe, Michitaka Sato (JFE Steel Corporation)

2010年10月28日受理

2. 開 発 技 術

(1) 焼結鉱の鉱物組織制御技術の考え方

焼結鉱の組織は、主成分であるヘマタイト(鉄鉱石)、冷間強度・被還元性に優れるカルシウムフェライト、冷間強度・被還元性に劣るカルシウムシリケート(ガラス質)で構成され、焼結鉱の品質(強度・被還元性)に大きな影響を及ぼす⁽⁵⁾。図2に、焼結過程における鉱物組織形成の模式図を示す。焼結過程では、1200℃でカルシウムフェライトが形成されるが、さらに、温度が上昇し1400℃を超えると、カルシウムシリケートに分解する。これらの基礎研究⁽⁵⁾の成果を基に、著者らは、高強度と高被還元性を両立する理想的な焼結鉱の製造には、焼結層内温度を1200℃～1400℃に維持し、カルシウムフェライトの生成を促進し、カルシウムシリケートの生成を抑制することが有効であることを見出した。

(2) 気体燃料吹き込みによる焼結温度制御技術の開発

従来、1200℃以上の温度領域を拡大させるためには、粉

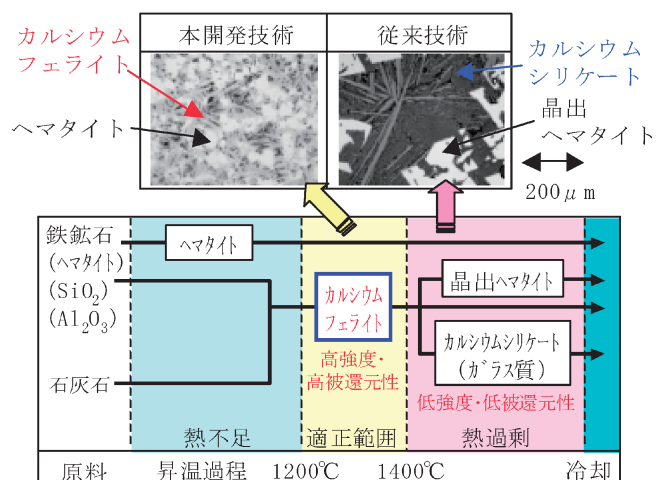


図2 焼結過程における鉱物組織形成の模式図.

コークス(熱源)の使用量を増加させる手段が取られてきた。しかし、粉コークス量を所定量以上増加させると、1200℃以上の領域が拡大するものの、最高温度が1400℃以上に上昇し、カルシウムシリケートが増大するため、逆に、強度と被還元性が低下してしまい、その改善効果が十分に享受できないという問題があった。

そこで、著者らは、水素系気体燃料と粉コークスの燃焼位置が、高さ方向において異なることを活用し、最高温度を上昇させずに、1200℃以上の温度領域を拡大させる技術に着想した。そして、今回、気体燃料として液化天然ガス(以下、LNG)を用いて、ラボ焼結実験を行い、その原理を検証することとした。

図3に、従来技術と本開発技術の温度分布の比較を示す。

図3より、①の破線と②の点線に示すように、粉コークスのみを用いた従来技術では、1200℃以上の温度領域を増加させるために、粉コークス使用量を5%→6%に増加させると、熱源である粉コークスが同じ位置で集中的に燃焼するため、最高温度が1400℃以上に上昇してしまい、逆に、カルシウムシリケートが増加し、冷間強度が低下した。

一方、粉コークスだけでなく、水素系気体燃料であるLNGを使用する本開発技術では、焼結原料層上面より吹き込まれたLNGが、粉コークスの燃焼位置よりも上部で燃焼する。これより、図3の③の実線のように、最高温度を

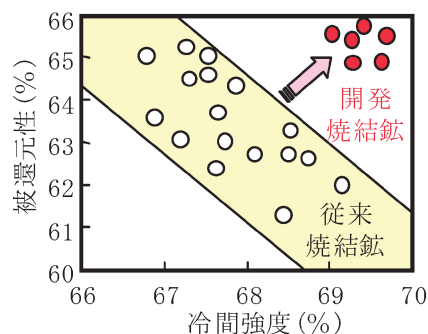


図4 冷間強度と被還元性の関係(京浜第1焼結工場).

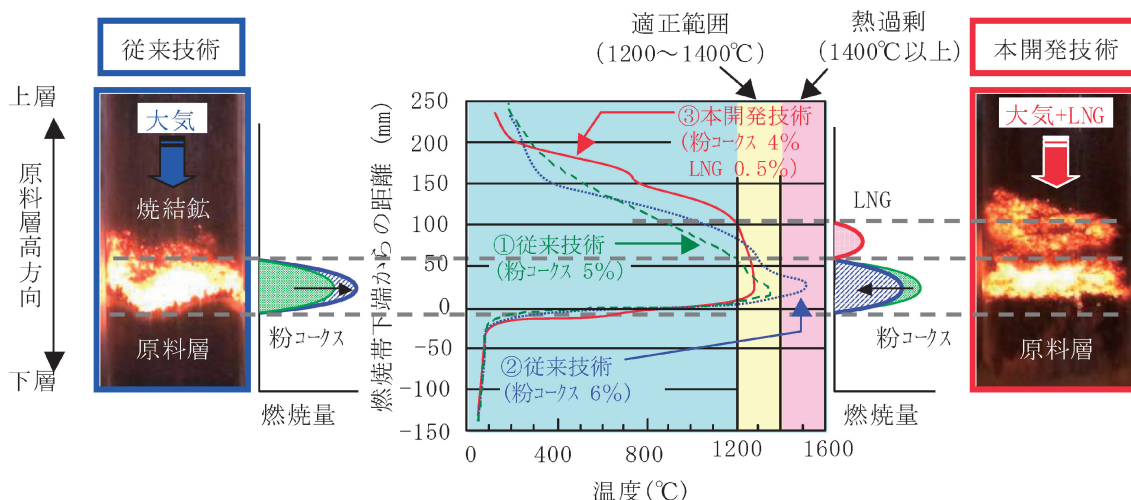
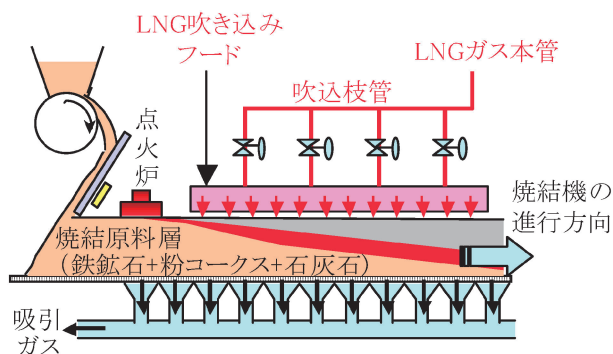
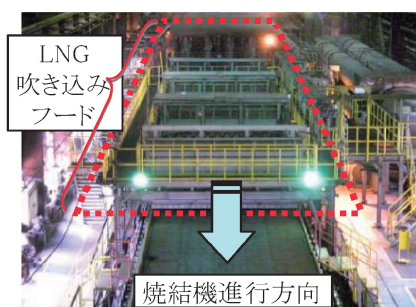


図3 従来技術と本開発技術における温度分布の比較.



(a) LNG吹き込み設備の断面模式図



(b) LNG吹き込み設備写真

図5 LNG吹き込み設備(京浜第1焼結工場)。

1400℃以下に抑制しながら、1200℃以上の温度領域が拡大するため、高強度・高被還元性のカルシウムフェライトが増加し、冷間強度・被還元性を大幅に向上させることができた。

図4に、京浜第1焼結工場における焼結鉱の冷間強度と被還元性の関係を示す。一般に、冷間強度の改善とともに被還元性が悪化するが、本開発技術によって製造された焼結鉱は、被還元性を維持しながら、冷間強度が増加していることを確認した。

3. 本開発技術の実用化状況およびCO₂削減効果

図5に示すように、2009年1月に、弊社・東日本製鉄所(京浜地区)第1焼結工場において、世界で初めて「水素系気体燃料を活用した鉄鉱石焼結プロセス」の実用化に成功し、現在まで、順調に稼動を継続している。

図6に本技術導入によるCO₂削減量の推移を示す。これより、現在、京浜第1焼結工場において、粉コークスとLNGの置換効果により年間1万トン、焼結鉱の冷間強度向上による焼結機での粉コークス使用量の削減により年間3万トン、焼結鉱の被還元性向上による高炉での塊コークス使

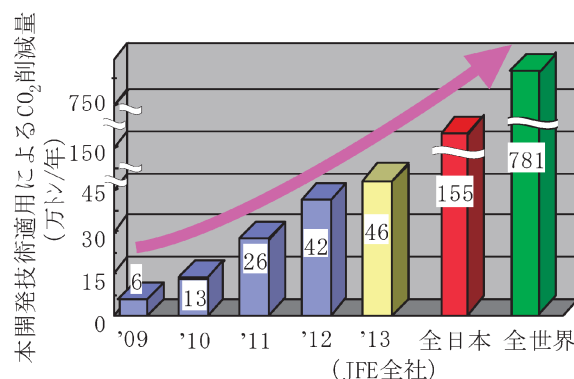


図6 本開発技術導入によるCO₂削減量の推移。

用量削減により年間2万トン、合計年間6万トンのCO₂排出量の削減を達成している。また、本技術は、弊社の倉敷地区・千葉地区における焼結工場への導入が決定され、2011年に掛けて順次、稼働させ、2013年には全社への展開を完了し、CO₂排出削減量は年間46万トンを超える予定である。

また、2010年8月には経済産業省より「平成22年度地球温暖化対策普及等促進事業」の採択を受け、弊社関連会社のPhilippine Sinter Corporationにおいて、技術導入を進めている。さらに、今後、他社に技術供与することで、我が国の全焼結機への導入により年間155万トン、全世界では年間780万トンものCO₂排出量の削減が期待できる。

4. 特許の出願、登録査定状況

本技術に関する特許は、国内60件以上出願し、既に1件特許査定⁽⁶⁾されている。また、国際出願等も推進しており、一部の出願については、特許査定⁽⁷⁾を受けている。

文 献

- (1) 梶川脩二, 山本亮二, 中島龍一, 岸本純幸, 福島 勤: 鉄と鋼, **68**(1982), 2361-2368.
- (2) 石川 泰, 菅原欣一, 野坂庸二, 仙崎武治, 津田勉久: 材料とプロセス, **65**(1979), 518.
- (3) 石光章利, 若山昌三, 戸村聡吉, 佐藤勝彦: 鉄と鋼, **48**(1962), 1266-1267.
- (4) 芳我徹三, 大塩昭義, 中村圭一, 小園琢磨, 上川清太: 鉄と鋼, **83**(1997), 103-108.
- (5) 大山伸幸, 主代晃一, 小西行雄, 井川勝利, 反町健一: 鉄と鋼, **82**(1996), 719-724.
- (6) 特開 2008-095170 号(特許査定).
- (7) 中国公開番号 101300366A 号, 台湾 200722529 号など.