

技術紹介



高炉シャフト用還元ガス予熱技術

Preheating Technology of Reducing Gases for Blast Furnace Shaft

山本 康之*
YAMAMOTO Yasuyuki

古山 大誠*
FURUYAMA Taisei

1. 背景

1.1 国内鉄鋼業の CO₂ 排出

2022 年度の日本の二酸化炭素(CO₂)排出量は約 10.4 億トンであり、そのうち鉄鋼業の CO₂ 排出量は約 1.3 億トンで全体の 12%を占める¹⁾。高炉製鉄プロセスでは特に CO₂ 排出量が多く、その削減技術が強く求められている。

1.2 技術開発動向

国内の鉄鋼業界では、CO₂ 排出量の削減を目的に国家プロジェクトとして研究開発が実施されている²⁾。特に高炉の CO₂ 排出量を削減する為に、高炉シャフト部から水素ガス(H₂)などの還元ガスを供給して鉄鉱石を還元し、銑鉄を製造する技術開発が進められている³⁾。現在の高炉製鉄プロセスでは、すでに供給可能な限界量の微粉炭が高炉羽口から吹き込まれており、これに追加して還元ガスを高炉羽口から供給した場合、羽口付近の温度分布が変化する等、効率的な高炉操作が困難となる。その為、追加の還元ガスを供給する場合、全体的に温度が低い高炉シャフト部から還元ガスを供給する必要がある。しかし、H₂ による鉄鉱石の還元は吸熱反応である為、高炉シャフト部から H₂ などの還元ガスを供給する場合、高炉シャフト部が熱不足となる可能性が高く、還元ガスを高炉シャフト部から供給する前に還元ガスを予熱する技術が必要となる。本報では酸素燃焼技術を活用して、高炉シャフト部から吹き込む還元ガス(水素含有ガス)予熱技術について紹介する。

2. 技術紹介

2.1 還元ガス予熱設備概要

図 1 に酸素燃焼を利用した還元ガス予熱技術の概要を示す。本技術はコークス炉ガス (COG) を酸素燃焼で改質して改質ガスを発生させる改質部と、CO₂ 分離後の高炉ガス (BFG) と改質ガスを混合さ

せる混合部で構成され、混合部出口から高温還元ガスを得ることができる。本高温還元ガスを高炉シャフト部に吹き込み、鉄鉱石との還元反応が進むことにより、コークスなどのカーボンを減らすことが可能となる。混合部出口の高温還元ガス流量として最大 250 Nm³/h 規模の改質部を図 2 のように大陽日酸山梨事業所に建設し、本技術の実証試験を実施した。

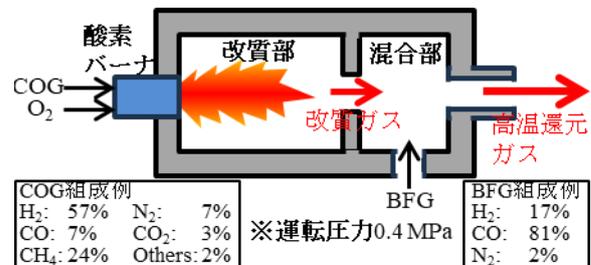


図 1 技術の概要



図 2 改質部実証炉

高炉シャフト部において鉄鉱石の還元反応が進むためには、高温還元ガスは 800℃以上の温度で、かつ高温還元ガス中の CO/(CO+CO₂) 比、H₂/(H₂+H₂O) 比がそれぞれ 0.66 以上必要と見込まれ⁴⁾、その値を当技術の目標値と設定した。

2.2 実証試験

試験条件を表 1 に示す。COG の代替として天然ガスと窒素の混合ガスを使用した。酸素比は実酸素流

* 技術開発ユニット 山梨ソリューションセンター 酸素燃焼開発部

量と燃料を完全燃焼させるのに必要な酸素流量との比率であり、0.37~0.51 の範囲で天然ガスを部分燃焼して高温の改質ガスを発生させた。

表 1 試験条件

天然ガス流量	[Nm ³ /h]	16.4~36.3
酸素比	[-]	0.37~0.51
燃料予熱温度	[°C]	430
酸素予熱温度	[°C]	500
運転圧力	[MPa]	0.4

図 3 に酸素比と改質ガス中の H₂ 濃度、CO 濃度の関係を、図 4 に酸素比と改質ガス温度の関係をそれぞれ示す。天然ガス流量 16.4~36.3 Nm³/h の条件において、H₂ 濃度、CO 濃度及び改質ガス温度は酸素比に対して同じ傾向を示した。本改質炉において、改質ガスの発生量は、燃料と酸素の流量を制御することにより、コントロールできることが分かった。

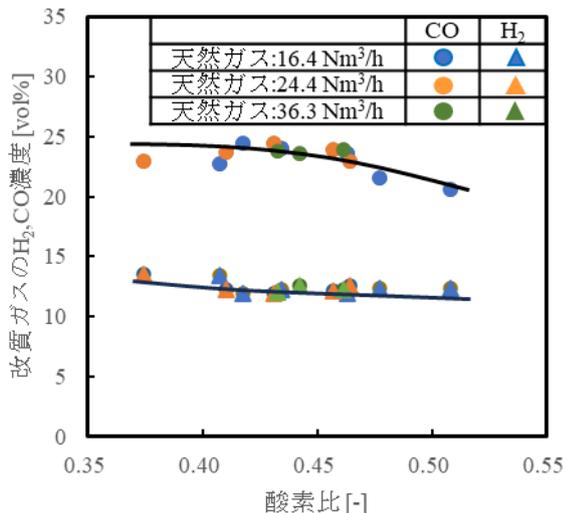


図 3 酸素比と改質ガス中の H₂ 濃度、CO 濃度

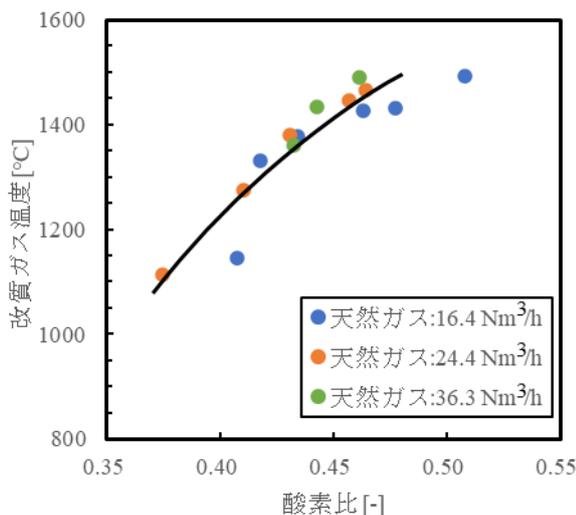


図 4 酸素比と改質ガス温度の関係

天然ガス流量 16.4 Nm³/h、酸素比 0.46 の試験条件で発生させた改質ガスのデータをもとに、混合部で高炉ガス BFG により改質ガスを希釈し、800°C の高温還元ガスを製造した場合を計算すると、CO/(CO+CO₂) 比、H₂/(H₂+H₂O) 比はそれぞれ 0.97、0.88 となり、当技術の目標値 (0.66) より高い値となった。本結果から、本改質部実証炉で製造される改質ガスにより鉄鉱石を還元できることが分かり、酸素燃焼を利用した還元ガス予熱技術が成り立つことを実証した。

3. まとめ

本報では高炉シャフト部の熱補償のために使用される、酸素燃焼技術を活用した還元ガス予熱技術について紹介した。競合技術としては電気加熱が挙げられるが、酸素燃焼技術を活用した還元ガス予熱技術には電気加熱に比べてシステムをコンパクトにできる点、燃料を加熱源として使用できる点などの利点がある。

今後、混合部を含めたシステム全体で実証を進めていく。我々は酸素燃焼技術を活用した技術開発を鉄鋼業向けに継続し、鉄鋼業の CO₂ 排出量を削減することに貢献していく計画である。

参考文献

- 1) 環境省. 2022 年度の温室効果ガス排出・吸収量 (詳細). 2024/4/12. <https://www.env.go.jp/content/000215754.pdf>
- 2) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構. グリーンイノベーション基金事業 製鉄プロセスでの水素活用プロジェクトに着手. 2022/1/7. https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101503.html
- 3) 日本製鉄株式会社. ニュースリリース 水素による高炉での CO₂ 削減技術を確立. 2024/12/20. https://www.nipponsteel.com/news/20241220_100.html
- 4) 日本鉄鋼協会編. 第 3 版鉄鋼便覧. 丸善, 1983.