



高炉シャフト予熱用高温ガス発生装置

Hot Gas Generator for Blast Furnace Shaft Pre-heating

山本康之*

YAMAMOTO Yasuyuki

山口雅志*

YAMAGUCHI Masashi

古山大誠*

FURUYAMA Taisei

1. はじめに

日本政府は 2050 年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、全ての業界で CO₂ 削減が求められている。2020 年度における国内鉄鋼業全体の CO₂ 排出量は 1.3 億トンと日本全体の 13% を占める。その中で鉄鋼生産の主流である高炉法が CO₂ 排出の大部分を占めており、CO₂ 削減が急務となっている。

高炉法においては、生産性向上と CO₂ 低減を目的として高効率化と原料・燃料面で多様な操業が可能な酸素高炉¹⁾が研究されている。酸素高炉は羽口から純酸素を吹き込んで操業する高炉であり、熱風を吹き込む通常高炉に比べ、羽口での燃焼効率が高いという特長がある。そのため微粉炭、天然ガスなどの吹き込み量を高めてコークス比を下げる事が可能となり、CO₂ 低減を図ることができる。また、純酸素を用いることで、吹き込みガス中に窒素が含まれないため、排ガス中の CO₂ 濃度が通常高炉と比べ高くなり、CO₂ の分離・回収が容易となる。

一方、炉内を流れるガス量が少なくなり高炉シャフト部での熱量不足が生じる。この熱量不足により原料鉱石の温度が低下し、還元が遅れることになる。シャフト部での熱量不足を補うため、高炉ガスを予

熱してシャフト部に吹き込む技術が欧州の ULCOS プロジェクト²⁾など国内外で研究されている。

当社では、これまでに培ってきた酸素燃焼技術を用いて高炉ガスを予熱する高温ガス発生装置を開発した。

2. 高温ガス発生装置の概要

図 1 に高温ガス発生装置の構造と外観を示す。本装置は、酸素バーナと予熱炉で構成され、酸素バーナにより燃料ガス（高炉ガス、コークス炉ガス、天然ガスなど）を酸素で燃焼させて得られる高温の燃焼ガスに、予熱炉内で 1 次希釈高炉ガス及び 2 次希釈高炉ガスを混合して、高温ガスを発生させる。高炉シャフト部に吹き込む高温ガスに酸素が含まれているとコークスを消耗するため、高温ガスは酸素を極低濃度に抑えることが要求される。本装置では、酸素バーナを用いて急速に燃焼させることにより残存酸素濃度を 0.1% 以下に抑えることが可能となった。

予熱炉の外周には炉体放熱を回収するための熱交換部を設け、2 次希釈高炉ガスは予熱されて予熱炉内に吹き込まれる。そのため炉体熱損失が少なく、効率よく高温ガスを発生させることができる。酸素

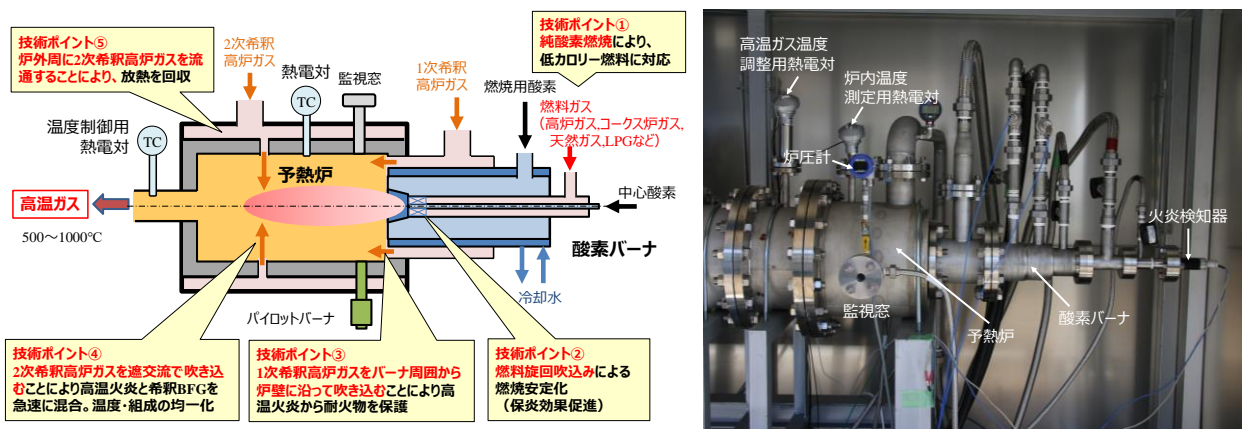


図 1 高温ガス発生装置の構造と外観

* 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

バーナは保炎性が高く、発熱量の低い燃料を使用することが可能である。また、天然ガス、LPG などの一般的な燃料を使用でき、広範囲の燃料種に対応可能である。

本装置は、予熱炉出口に温度制御用熱電対を設け、酸素バーナの燃焼量を調節することにより、自動的に温度調整が可能である。

3. 高温ガス発生装置の性能評価

開発した高温ガス発生装置（高温ガス発生量 250Nm³/h 規模、高温ガス温度 800℃）において、燃料ガスの発熱量と水素濃度を変えて、安定燃焼範囲を評価した。安定燃焼は、温度変動がなく予熱炉出口ガス中の残存酸素濃度が 0.1%以下となる条件とした。

図 2 及び図 3 に圧力 0.15MPa、0.30MPa の結果をそれぞれ示す。なお、装置は同じものを使用した。本装置では、燃料中に水素を含まない場合、圧力 0.15MPa では発熱量 3.8MJ/Nm³ まで安定して燃焼する結果を得た。また燃焼速度の速い水素の濃度が高くなるにしたがってより低い発熱量の燃料でも安定燃焼することが確認できた。圧力を 0.30MPa に上げた場合、より低い発熱量側まで安定燃焼範囲が広が

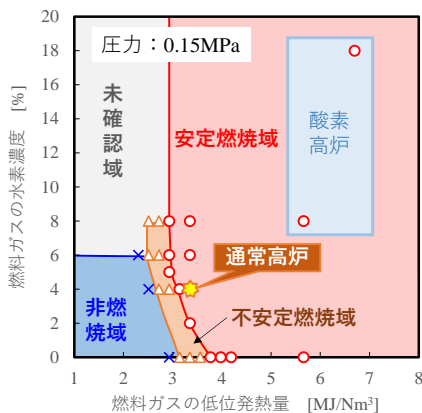


図 2 圧力 0.15MPa での安定燃焼領域

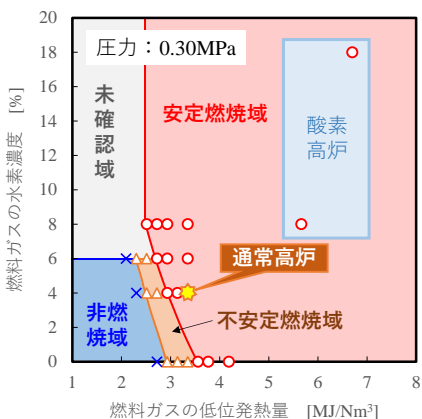


図 3 圧力 0.30MPa での安定燃焼領域

ることが分かった。

本評価試験の結果から、図中に示す酸素高炉と通常高炉の高炉ガスの条件で安定燃焼することが確認できた。

4. CFD 解析による設計

当社では、試験装置から得られたデータをもとに CFD 解析モデルを構築し、各種スケールの高温ガス発生装置の設計技術を開発した。

図 4 に高温ガス発生量 12500Nm³/h 規模の装置について CFD 解析を行った結果を示す。本結果から装置出口で均一温度で残存酸素が低くなっていることが確認でき、バーナ及び予熱炉の構造が適正化できていることが分かる。

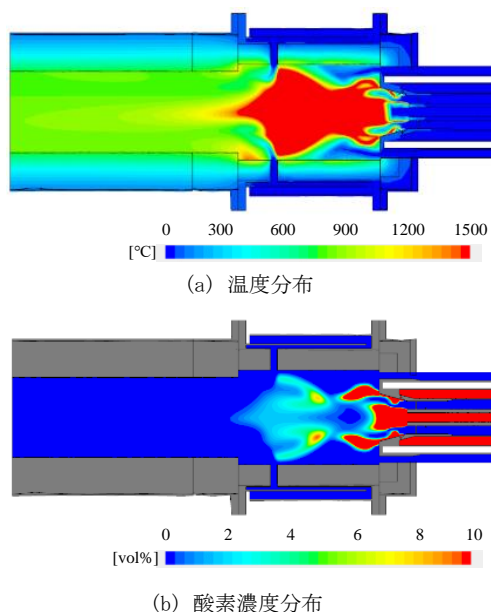


図 4 CFD 解析結果（高温ガス 12500Nm³/h）

5. まとめ

開発した高温ガス発生装置は、広範囲の発熱量及び水素濃度の燃料が使用でき、また高温ガスの温度及び流量を任意に調整が可能である。本装置を用いることにより高炉の操業状態に合わせてシャフト部の温度調整が可能となる。今後、シャフト予熱が必要となる酸素高炉などの革新的高炉への実機展開を図り CO₂ 排出削減に貢献していく。

参考文献

- 1) 高橋功一, 野内泰平, 佐藤道貴, 有山達郎. 製鉄工程におけるエネルギー消費削減を目指した酸素高炉の展開. 鉄と鋼, 2016, 102 (7), p1-10.
- 2) Jun Zhao, Haibin Zuo, et al. Review of green and low-carbon ironmaking technology. Ironmaking & Steelmaking, 2020, 47, p296-306