

図6 バーナー燃焼熱による溶銑，スラグへの伝熱量内訳とメカニズム。

実験では，実際の溶融還元炉を模擬するため，図1右図のように上底吹き酸素転炉にクロム鉱石が投射可能なバーナーを設置した。溶銑5tを装入した後，炭材を炉内に投入しながら，クロム鉱石をバーナーでの加熱添加もしくは，炉頂から加熱せずに添加し，溶融還元吹錬を行なった。図7に試験転炉での鉱石のバーナー加熱供給速度とバーナー燃焼熱の溶銑，スラグへの伝熱効率を示す。バーナー燃焼熱の溶銑，スラグへの伝熱効率は下式より算出した。

$$\text{バーナー燃焼熱の伝熱効率(\%)} = \frac{Q_{\text{Tot.}} - Q_{\text{O}_2}}{Q_{\text{Burner}}} \times 100$$

$Q_{\text{Tot.}}$: 溶銑，スラグへの総伝熱量

Q_{O_2} : 上底吹き酸素の炭材系燃料燃焼による伝熱量

Q_{Burner} : バーナー燃焼熱

ここで，上底吹き酸素の炭素系燃料燃焼による伝熱量はバーナー無しの場合で予め測定した値を用いた。

鉱石全量を炉頂から添加し，鉱石加熱供給速度が0 kg/sの場合，バーナー燃焼熱の伝熱効率は30%と低位であった。それに対し，鉱石加熱添加した場合には，加熱供給速度の増加にともない伝熱効率は増加し，本実験条件では最大85%の高い伝熱効率を得た。以上の結果から，上底吹き酸素のある転炉環境下においても，鉱石のバーナー加熱添加により高い伝熱効率が得られることが確認された。

4. 鉱石加熱添加技術の実用化と成果

JFE スチール 榎東日本製鉄所千葉地区のクロム鉱石溶融還元炉において，クロム鉱石加熱添加装置を実用化した。

図8に溶融還元炉でのクロム鉱石量当たりの供給エネルギーの比較を示す。従来法ではエネルギー源が炭材のみであるのに対し，本技術では水素系燃料のバーナーによりエネルギー源の一部を水素系燃料で代替し，かつ鉱石加熱添加技術により効率的にバーナー燃焼熱を炉内の溶銑およびスラグに効率的に伝熱することが可能である。その結果，本技術の導入により同一鉱石量当たりの供給エネルギー量は17%低減し，水素系燃料中の炭素分を考慮した炭素燃焼由来のエネル

図7 5t試験転炉での溶融還元吹錬における鉱石バーナー添加によるバーナー燃焼熱の伝熱効率。

図8 溶融還元炉でのクロム鉱石量当たりの供給エネルギーの比較。

ギー量は従来法と比較して26%減少した。

以上の結果，クロム鉱石の溶融還元炉において水素系燃料を利用したバーナー加熱添加技術を導入することで，Cr源などの主原料選択の自由度を向上するだけでなく，従来よりも供給するエネルギーの原単位が削減し，かつ水素系燃料の利用により炭素源燃料を大幅に削減することで，本プロセスからの二酸化炭素排出量の低減が可能となった。

5. 特 許

本技術の開発に関連した主な登録済および公開済特許を以下に示す。特許第4650226号，特許第4274020号，特許第5087955号，特開2009-14331号，特開2009-139081号，特開2010-156025号，特開2010-209436号，特開2010-215983号，特開2010-100926号，特開2012-153921号。

文 献

- (1) 金子陽平 他：JFE スチール技報，**20**(2008)，79-84.
- (2) 平居正純 他：鉄と鋼，**73**(1987)，1117-1124.
- (3) 高柴元信 他：鉄と鋼，**75**(1989)，89-96.
- (4) 奥山悟郎 他：CAMP-ISIJ，**22**(2009)，823.
- (5) 奥山悟郎 他：鉄と鋼，**98**(2012)，627-633.
- (6) Z. Tanaka: J. Chem. Eng. Jpn., **3**(1970)，261-262.
- (7) 水谷幸夫：燃焼工学第3版，森北出版，東京，(2006)，71.