

# 脱りん脱炭連続処理プロセスの開発

小川雄司<sup>1)</sup> 矢野正孝<sup>2)</sup> 荒井雅之<sup>3)</sup>  
 升光法行<sup>4)</sup> 熊倉政宣<sup>5)</sup>

## 1. 概要

従来の溶銑予備処理法においては、多段分割精錬により、熱ロスや処理および滞留時間の増加という課題を抱えていた。新日鐵住金(株)では、転炉に脱珪脱りんの予備処理機能を集約し、同一転炉で連続して脱珪・脱りん、排滓、脱炭を行う MURC (Multi-Refining Converter) 法を開発し<sup>(1)-(3)</sup>、予備処理効果を保持しつつ、スクラップ利用量の大幅な改善および処理時間、滞留時間の大幅な短縮を可能とした。更に、強攪拌下での低塩基度脱りんと同一炉での向流精錬の実現による高効率な脱りんにより、精錬剤の原単位やスラグ発生量も大幅に低減された。

## 2. 開発の背景

溶銑予備処理を基軸とした多段分割精錬法は高純度鋼ニーズの拡大とともに発展してきた。しかしながら、予備処理容器として混銑車や鍋を使用する場合、低温での脱りん精錬の必要性から転炉の熱的ゆわ度が不足し、スクラップ使用量に制約を受けるといふ本質的問題があった。転炉を予備処理容器に使用するプロセスもあるが、脱りん精錬後に一度溶銑を鍋に排出してから脱炭炉に再装入する際に熱ロスが生じること、脱りん精錬中には重量屑が溶解しきれず、やはりスクラップ使用に制約を受けるといふ課題があった。

また、従来の混銑車や鍋を使用した予備処理法では、本来輸送用の容器を精錬処理に利用しているためフリーボードが小さく、高速送酸や強攪拌による処理時間短縮が困難であるとともに、酸素ポテンシャルを上げにくいためにスラグを高塩基度化する必要があり、製鋼スラグ発生量の低減にも難点があった。また、従来はスラグの溶解促進剤として  $\text{CaF}_2$  を用いていたが、 $\text{CaF}_2$  は耐火物の溶損を助長し、また環境負荷の観点から脱りんスラグの用途を限定してしまうという課

題も抱えていた。

上述のような、スクラップ消費量拡大と高速処理による生産性の向上およびスラグ量低減や脱  $\text{CaF}_2$  化による環境負荷低減を背景に本技術は開発された。

## 3. MURC 法の概要

MURC 法の概要を図 1 に示す。本技術では、一つの転炉で連続して脱珪・脱りん処理と脱炭処理が行われる。転炉の持つ強攪拌と高速送酸機能を利用して高酸素分圧下、低塩基度スラグでの高速溶銑脱りんを行うが、このときスラグをフォーミング状態とし、溶銑脱りん後に転炉を傾動して脱りんスラグを排出する(中間排滓)。中間排滓によりスラグのボリュームを減らした後に少量の石灰を新たに追加してスラグの塩基度を高め、脱炭処理および鋼材要求レベルまでの追脱りんを行う。脱炭処理後のスラグは全量または一部を炉内に残したまま出鋼し、高温状態のまま次回の脱りん処理へ使用して向流精錬を行うため、必要最低量の生石灰原単位での脱りん精錬が実現でき、排出スラグ量も大幅に低減可能である。

一つの転炉での処理であり、スラグのホットリサイクルによる顕熱利用も可能なことから、溶銑配合率は予備処理のない転炉一段精錬と同等に低減できる。また、脱珪・脱りん・脱炭のトータルの処理時間も大幅に短縮される。脱りん後は溶銑を排出することなくスラグのみを炉傾動により排出するため、脱りん炉-脱炭炉の転炉 2 基方式と比べて熱ロスを極少化できるとともに重量屑を含むスクラップが使用可能となり、転炉 1 基当たりの生産性も向上できる。

## 4. 試験転炉による基礎検討

### (1) 実験条件

主な実験条件を表 1 に示す。上底吹き可能な試験転炉へス

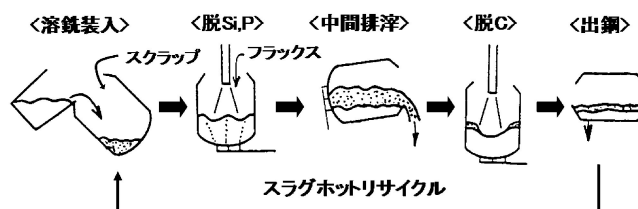


図 1 MURC (Multi-refining Converter) 法の概要。

\* 新日鐵住金株式会社  
 技術開発本部；1) 上席主幹研究員 2) 元部長  
 室蘭製鐵所；3) 製鋼部長 4) 元所長  
 5) 本社 製鋼技術部 製鋼技術室長  
 Development of the Continuous Dephosphorization Process using BOF; Yuji Ogawa, Masataka Yano, Masayuki Arai, Noriyuki Masumitsu, Masanori Kumakura (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.)  
 2013年11月 8 日受理[doi:10.2320/materia.53.107]

クラップと溶銑5~7tを装入した。ランスからの酸素上吹きを開始し、脱りんフラックスとして生石灰を投入してN<sub>2</sub>底吹き下で脱珪、脱りん処理を実施した。最初に装入するスクラップ量に応じて、鉄鉱石の添加量を調整して脱りん処理後の温度を制御した。その後、炉を傾動して炉口よりスラグを排出し、炉直立後に再び酸素の上底吹きにより脱炭精錬を行い出鋼した。脱炭スラグのホットリサイクルを行う場合は、スラグを炉内に全量残したまま、次チャージの溶銑を装入した。

## (2) 代表的メタル成分・温度推移

8分程度の吹錬で[P]0.02 mass%まで脱りんが進行しており、脱炭処理時間と合わせて吹錬時間20分以内での処理が可能であることがわかる(図2)。

## (3) 脱りん挙動

脱珪、脱りん処理後および脱炭処理後の吹止め成分と温度を用いて、重回帰処理により Healy<sup>(4)</sup>型のりん分配推定式を式(1)のように導出した。

$$\log(\%P)/[\%P] = 2.5 \log(\%T.Fe) + 0.0715\{(\%CaO) + 0.25(\%MgO)\} + 7710.2/T - 8.55 + (105.1/T + 0.0723)[\%C] \quad (1)$$

ここで、(%X) : スラグ中 X 成分濃度 (mass%), [%Y] : メタル中 Y 成分濃度 (mass%), T.Fe : 全鉄分, T : 処理後温度 (K) である。

試験転炉での脱りん処理後の溶銑段階から脱炭処理後の溶鋼までの実績のりん分配比および従来の基礎実験で測定され

表1 試験転炉での主な実験条件。

		脱珪脱りん処理	脱炭処理
上吹き酸素流量(Nm <sup>3</sup> /h)		1000(400, 1500)	1000-1680
底吹きガス(Nm <sup>3</sup> /h)	O <sub>2</sub>	0	20-200
	N <sub>2</sub>	200, 350	70-170
	LPG	0	10-70
スクラップ量(kg/t)		0-180	0
副原料添加量(kg/t)	生石灰	0-20.5	0-30
	鉄鉱石	0-72	0

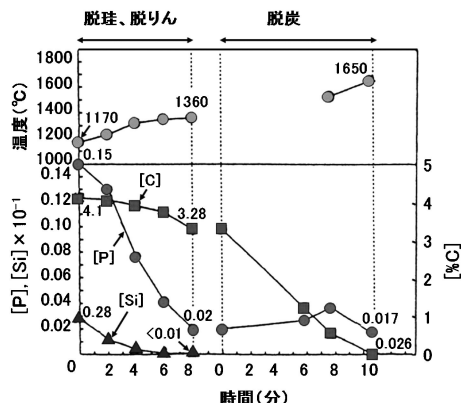


図2 代表的なメタル成分、温度の時間推移。

た平衡りん分配比を式(1)を用いて精度良く推定できることが確認できており<sup>(1)</sup>、本実験のような低塩基度スラグで強攪拌条件下での脱りん処理は見かけ上の平衡近くまで到達していると推定された。また、温度1350°C、[C]3.5%と仮定し、式(1)を用いて計算した(%T.Fe)とりん分配比の関係を図3に示す。図には本実験で得られた実績値を計算と同じ仮定に補正した値を併せて示すが、計算値と実績の補正値は概ね一致しており、CaO/SiO<sub>2</sub>(C/S)が1~1.5の低塩基度スラグでも十分な脱りんが可能であることが確認された。

## (4) 脱炭スラグのホットリサイクル効果

脱炭処理後のスラグを炉内に残し、次チャージの脱りん処理に有効に利用することも本法の大きな特徴である。図4には脱珪脱りん処理時に添加した生石灰原単位と脱りん処理後の[P]濃度の関係を示す。スラグリサイクルを実施することにより、5~10 kg/t の大幅な生石灰原単位削減が認められた。

## 5. 室蘭製鐵所への適用結果

室蘭製鐵所の300t規模実機転炉に本法を適用した。

### (1) 脱珪脱りん処理後の中間排滓率

炉傾動による溶銑脱りん後スラグの排出率が低下すると、脱炭処理へのPの持ち込み量が増加し、トータルの生石灰原単位が増加する。中間排滓率に及ぼすスラグ組成の影響を図5に示すが、(%MgO)や(%T.Fe)の高位化、C/Sの低位

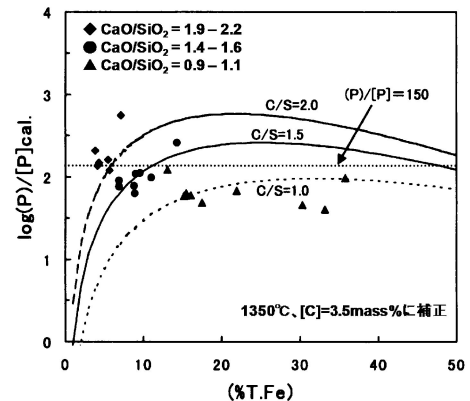


図3 溶銑脱りん後のりん分配比に及ぼすスラグ組成の影響。

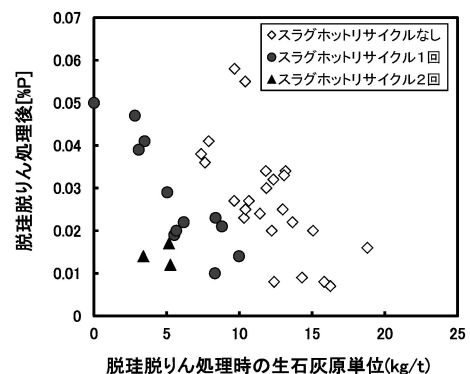


図4 生石灰原単位に及ぼすスラグリサイクル効果。

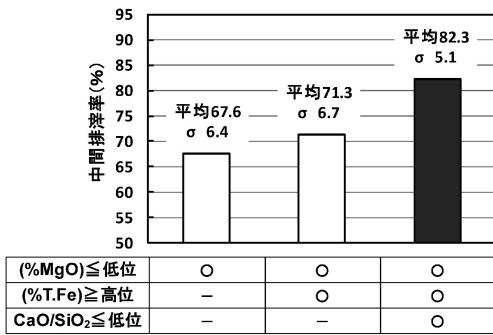


図5 中間排滓率に及ぼす脱りん後スラグ組成の影響。

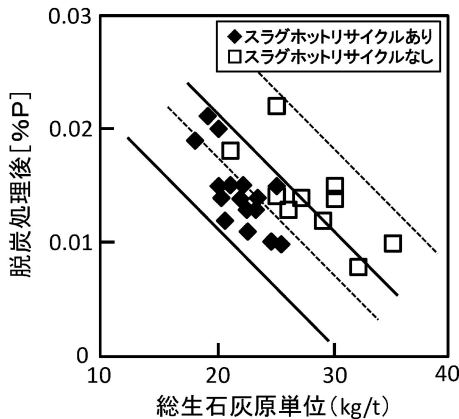


図6 総生石灰原単位に及ぼすスラグリサイクルの効果。

化により、70%以上の排滓率を確保できることが確認できた。

## (2) 脱炭スラグのホットリサイクル効果

脱珪脱りん処理、脱炭処理を合わせた総生石灰原単位と脱炭処理後の[P]濃度の関係を図6に示す。脱炭スラグを炉内に残してリサイクルすることで、大幅な生石灰原単位の削減が確認できた。

室蘭製鐵所では、従来の混鉄車処理方式から大幅に脱りん処理能力を向上し、現在、全鋼種の90%以上に本法を適用している。

## 6. 大分製鐵所への適用結果

次に、大分製鐵所の400t規模実機転炉に本法を適用した。

### (1) 副原料(生石灰)削減効果

式(1)を用いてスラグ組成から計算した溶銑脱りん処理時のりん分配比( $L_p$ )に対する実績値の到達率に関する脱炭スラグのホットリサイクル実施有無での比較を図7に示す。ホットリサイクルの実施により、短時間で少ない酸素原単位で見かけ平衡近くまで脱りん可能であることが確認された。

また、本法の適用による生石灰原単位削減効果を図8に示す。低塩基度スラグでの溶銑脱りんと脱炭スラグ中生石灰の究極までの有効活用により、予備処理をしない転炉一段精錬と比較して約40%の生石灰原単位削減効果を実証できた。これに相当するスラグ発生量低減効果も得られている。

また、高炉溶銑[Si]が高すぎる場合でも、0.3~0.6%の範囲内に事前脱珪を行うことで、生産性や中間排滓率を落とす

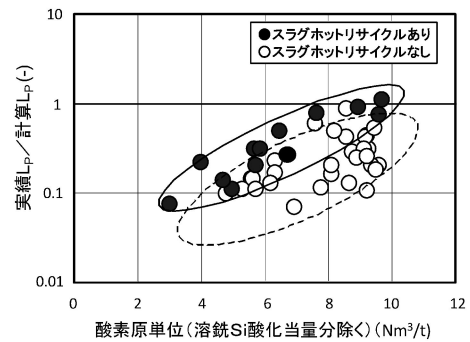


図7 脱りんの見かけ平衡到達度に及ぼすスラグホットリサイクルの効果。

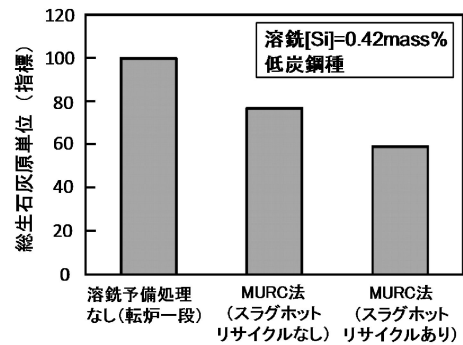


図8 生石灰原単位の比較(大分製鐵所)。

ことなくスラグ量も低減可能な高効率での操業技術も確立できている。

## (2) 高生産性への対応

大分製鐵所においては、酸素上底吹き転炉の強攪拌を活用した溶銑脱りん時の高速送酸、排滓鍋の大型化による迅速中間排滓、低ダスト高速脱炭吹錬等により、約36分の工程時間を達成している。約80%までの溶銑比率低減効果と合わせて、本法をほぼ全量適用した高生産プロセスを実現している。

## 7. まとめ

本法は、現在、室蘭、大分、八幡、君津の各製鐵所と名古屋製鐵所内東海特殊鋼(株)に導入され、年間2300万トン以上の粗鋼生産に適用されている。

## 8. 特許

本開発に関連して出願した主な特許は以下である。  
特許第2582692号、特許第2958842号、特許第3239197号、他登録特許全8件。

## 文 献

- (1) 小川雄司, 矢野正孝, 北村信也, 平田 浩: 鉄と鋼, **87** (2001), 21-28.
- (2) H. Nomata et al.: Proceedings of the 4th European Oxygen Steelmaking Conference, Verlag Glückauf, (2003), 79-86.
- (3) T. Washizu, M. Kumakura, K. Kume and Y. Hirokawa: Proc. First Australia-China-Japan Symp. on Iron and Steelmaking, Liaoning Science and Technology Publication, (2006), 188-193.
- (4) G. W. Healy: J. Iron Steel Int., **208**(1970), 664-668.