

© 1992 ISIJ

論 文

溶銑の同時脱珪脱りん反応におよぼす 酸素供給速度の影響

金子敏行*・松崎孝文*²

Influence of Oxygen Feeding Rate on Simultaneous Removal of Silicon and Phosphorus in Hot Metal

Toshiyuki KANEKO and Takafumi MATSUZAKI

Synopsis:

Removals of silicon and phosphorus from hot metal with lime based flux simultaneously have been studied in the experiment of 100 kg scale.

Results obtained in this work are as follow: (1) Silicon content of hot metal at which simultaneous removal of silicon and phosphorus can proceed increases with an increase of feeding rate of oxygen. (2) When oxygen feeding rate is more than $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$, dephosphorization can proceed even if with low basicity slag like CaO/SiO_2 of 2. (3) To proceed simultaneous removal of silicon and phosphorus effectively, it is very important to keep high values of oxygen feeding rate and oxygen potential at slag-metal interface.

Oxygen feeding to top slag is specially effective for increasing an oxygen potential of slag-metal interface.

Key words: hot metal; hot metal treatment; dephosphorization; desiliconization; injection; oxygen gas; iron oxide; lime.

1. 緒 言

従来、溶銑の予備処理は脱りんの前に脱珪処理を行うのが一般的であったが、最近、酸素供給能力の大きな転炉を使用したプロセスでは脱珪と脱りんが同時に進行することが明らかにされている¹⁾²⁾。脱珪と脱りんを同時に処理できれば、脱珪プロセスの省略が可能となり、固定費および要員の削減につながり大きなメリットが得られる。また、省エネルギーの面からも、脱珪処理中の放熱ロスやカーボンロスが無くなり、有利になる。さらに、同時脱珪脱りん処理を行った場合は、[Si]と[P]の酸化が同時に起こるために滓化性のよい低塩基度スラグを生成し、冶金反応速度論的にも有利な面を持つ可能性がある上、スラグ処理の観点からもフリーCaOの減少に伴うエージング期間の大幅短縮も期待できる。

脱珪反応に関しては比較的研究がなされているが³⁾⁴⁾、高[Si]濃度領域からの同時脱珪脱りんに関する基礎的研究はほとんどなされていないのが現状である⁵⁾⁶⁾。特に初期[Si]濃度に応じた同時脱珪脱りんのための必要

条件については十分解明されておらず、変動する溶銑[Si]に適切に対応するための操業条件を明らかにすることは極めて重要な意味を持つ。そこで、著者らは、実験室的に、溶銑[Si]濃度と酸素供給速度を大きく変化させ、初期[Si]濃度に応じた同時脱珪脱りんのための必要酸素供給速度および酸素供給方法について検討した。

2. 実験方法

本実験に用いた実験装置をFig. 1に示す。100 kg大気溶解炉で溶製した100 kgの溶銑に、 $\text{CaO}-\text{CaF}_2(5:1)$ 混合粉体を純酸素ガスで20分間インジェクションして脱りん処理を行い、その後ガス攪拌がない状態で10分間静置した。その際、溶銑の初期[Si]濃度と、酸素供給速度を変化させて脱珪と脱りんの挙動を見た。酸素供給速度の変化は、酸素ガスの吹き込み速度を44 l/min ($0.44 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$)一定として鉄鉱石上方添加の量を変えることによって行った。また、一部の実験では、脱珪脱りん反応におよぼす鉄鉱石上方投入の影響を調べる目

平成3年12月10日受付 平成4年7月3日受理 (Received on Dec. 10, 1991; Accepted on July 3, 1992)

* 新日本製鉄(株)大分技術研究部 (Oita R & D Lab., Nippon Steel Corp., 1 Oaza-Nishinosu Oita 870)

*² 新日本製鉄(株)大分製鉄所 (Oita Works, Nippon Steel Corp.)

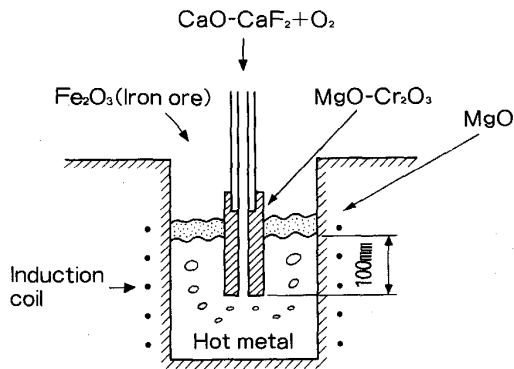


Fig. 1. Experimental apparatus.

Table 1. Experimental conditions.

Temperature		1350°C
Chemical composition of hot metal	[C]	4.6~4.8%
	[Si]	0.09~0.59%
	[Mn]	0.40~0.50%
	[P]	0.10~0.11%
	[S]	0.03%
Injection flux	CaO-CaF ₂ -O ₂ (V _{O₂} =44 l/min) (CaF ₂ /CaO=0.2)	
Iron ore top addition	0~230 g/min (V _{O₂} =0~44 l/min)	
Total oxygen feeding rate	V _{O₂} =44~88 l/min (0.44~0.88 Nm ³ /min·t)	

的から、酸素ガスを 60 l/min まで増やした Table 1 に主な実験条件をまとめて示す。溶銑の初期 [P] 濃度は 0.10~0.11% とほぼ一定とし、初期 [Si] 濃度を 0.09% から 0.59% の間で変化させた。実験温度はすべて 1350°C とし、実験中は出力調整により ±15°C の範囲で一定に保った。分析用サンプルはインジェクション開始時点を時刻ゼロとして、以後適当な時間間隔でメタルおよびスラグを採取し、分析に供した。スラグ中の (FeO) の分析に当たっては、脱りんスラグ中には磁選では分離できない数ミクロンの微小粒鉄が多量に存在する⁷⁾ことを考慮して、ヨーソメタノールでこれらの粒鉄を溶解除去したあと、その残渣に対しての分析を行った。

3. 実験結果

3.1 低 [Si] 濃度域での脱珪脱りん挙動

溶銑予備処理では、脱りん処理を行う前に脱珪処理により [Si] を 0.1% 程度まで下げるのが一般的である。

そこで、まず低 [Si] 濃度域での脱りん処理中の脱珪脱りん挙動を見るため、初期 [Si] 濃度を 0.09%、酸素供給速度 V_{O₂} (以下、V_{O₂} と略す) を 0.44 Nm³/min·t として処理し、処理中の [P] と [Si] の時間変化を調べた。

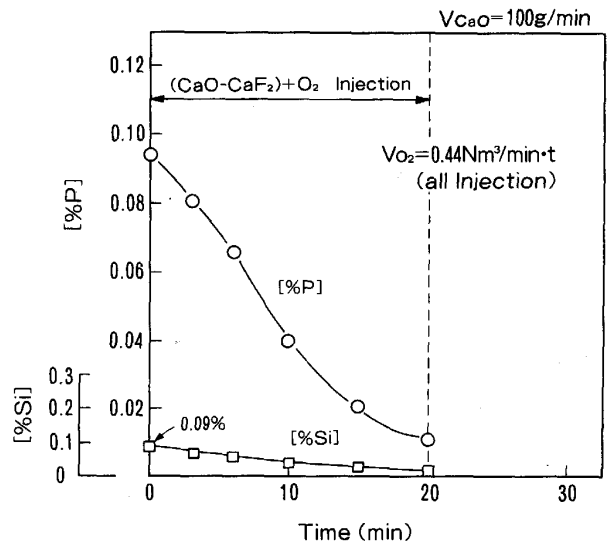


Fig. 2. Change of phosphorus and silicon contents of hot metal during dephosphorization.

この時の酸素源は、CaO-CaF₂ 系フラックスと同時に溶銑に吹き込まれる酸素ガスのみであり、フラックス中の生石灰の供給速度 V_{CaO} (以下、V_{CaO} と略す) は 100 g/min とした。結果を Fig. 2 に示す。図からわかるように、インジェクション開始と同時に [Si] と [P] は同時に低下しており、[Si] が 0.1% 程度の低 [Si] 濃度域では同時脱珪脱りんが進行することがわかる。

3.2 高 [Si] 濃度域での脱珪脱りん挙動

初期 [Si] 濃度が 0.35~0.40% と高い条件で、Fig. 2 と同じフラックスを使って生石灰供給速度 V_{CaO} をほぼ一定にそろえ、酸素供給速度を大幅に変化させた場合の脱珪脱りん挙動を Fig. 3 に示す。この際の酸素供給速度 V_{O₂} は、キャリアガスの酸素ガス 0.44 Nm³/min·t のみの場合と、酸素ガスは同じ流量にしてインジェクション処理中に鉄鉱石をトップスラグに 2 分間隔で連続的に供給して、系に与える全体の V_{O₂} を 0.66 Nm³/min·t および 0.88 Nm³/min·t とした場合の計 3 水準とした。図から分かるように、同じ溶銑成分でも、脱珪脱りんの挙動が大きく異なっている。すなわち、V_{O₂} が 0.44 Nm³/min·t では反応開始から 15 分時点までは脱珪のみが進行して脱りんは全く起こっていない。処理 15 分から、フラックス添加終了の 20 分間に僅かの脱りんが進行しているが、インジェクション処理後には復りんが起きている。

また、脱りんが起り始める時点での [Si] 濃度を図から読み取ると、約 0.15% である。V_{O₂} が 0.66 Nm³/min·t では、ばらつきはあるが反応の初期 6 分程度までは脱りんがほとんど進まず、その後 [P] が低下してい

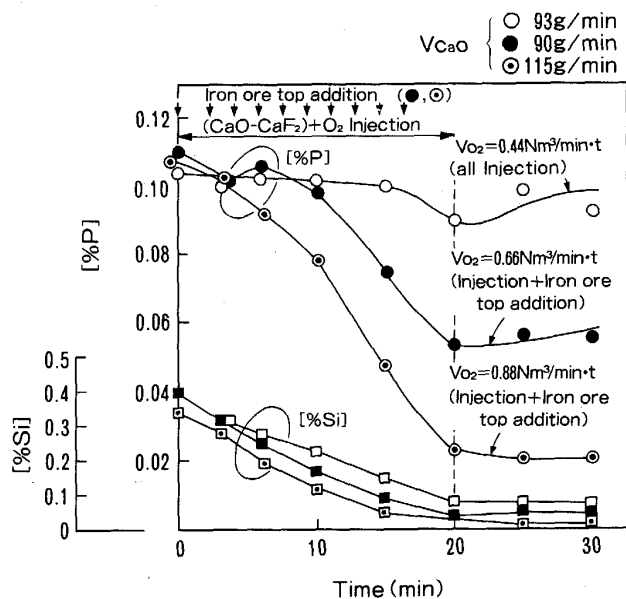


Fig. 3. Effect of oxygen feeding rate on desilicization and dephosphorization.

る。

この時点の $[\text{Si}]$ は、約 0.25% である。インジェクション終了時の $[\text{P}]$ 濃度は 0.054% であり、終了後は V_{O_2} が $0.44 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ の場合より軽微であるが復りんが起きている。

さらに、 V_{O_2} を $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ まで増加した場合は、反応初期から脱珪と脱りんが同時に進行し、インジェクション処理終了時には $[\text{P}]$ は 0.023% まで低下している。この場合は、処理後の復りん反応は起こっておらず、処理終了後も僅かではあるが脱りんが進んでいる。脱珪の挙動を 3 水準と比較すると、脱りんほど大きな差は認められないが、 V_{O_2} が大きいほど脱珪速度が増大する傾向が認められる。Fig. 4 は、初期 $[\text{Si}]$ 濃度を 0.59% と極端に高くして Fig. 3 の V_{O_2} が $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ の処理と全く同じ酸素源供給を行った時の結果を示している。反応初期は脱りんが停滞しているが、 $[\text{Si}]$ が約 0.3% まで低下した時点から脱りんが進行し、インジェクション終了時には $[\text{P}]$ は 0.046% まで低下しており、その後の復りんもない。これは、Fig. 3 に示した初期 $[\text{Si}]$ 濃度が 0.40% の溶銑を V_{O_2} が $0.66 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ の条件で処理した結果よりも脱りんが良好である。すなわち、初期 $[\text{Si}]$ 濃度がより高い条件であるにもかかわらず、 V_{O_2} を増大することにより脱りんがよく進んだことを示している。

このように、 V_{O_2} が増大していくと、脱りんが起り始める時点の $[\text{Si}]$ 濃度が高くなる。言い換えれば、 V_{O_2} が高いほど、より高い $[\text{Si}]$ 濃度からの脱りんが可

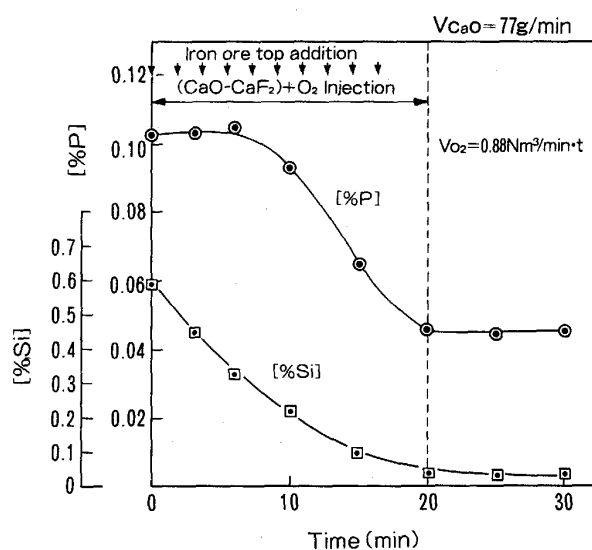


Fig. 4. Change of phosphorus and silicon contents of hot metal during dephosphorization and desilicization with high oxygen feeding rate. ($[\text{Si}]_0 = 0.59\%$)

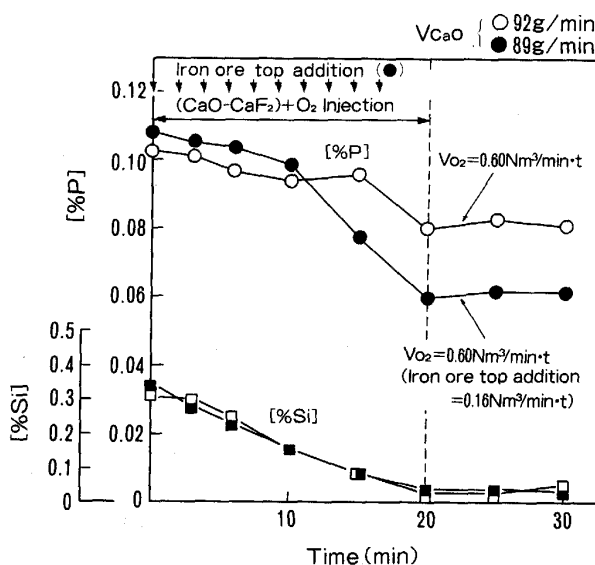


Fig. 5. Effect of iron ore top addition on desilicization and dephosphorization.

能となる。また、処理後の復りんについても、 V_{O_2} を大きくするほどその傾向も少なくなることが明らかとなった。

3.3 酸素源上方添加の影響

前述したように、 V_{O_2} が 0.66 および $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ の条件では、インジェクションと共に鉄鉱石の上方投入を行ったが、この鉄鉱石投入は、総酸素供給速度を増加すると同時に、トップスラグの酸素ポテンシャルを高める。そこで、これらの影響を分離するために、 V_{O_2} は $0.60 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ 一定として、酸素源を全て酸素ガスの

形でインジェクションする場合と、Fig. 3 に示した実験と同様 $0.44 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ の酸素ガスインジェクションを行うと同時に、酸素ガス換算で $0.16 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ に相当する鉄鉱石を上方投入した場合の比較を行った。その結果を Fig. 5 に示す。図から分かるように、脱珪挙動にはほとんど差が認められないが、りんの挙動に違いが認められ、鉄鉱石上方投入を行った方が脱りんが有利に進行している。

4. 考 察

4.1 酸素供給速度と優先脱りん

Fig. 6 に生石灰供給速度をほぼ一定にして、 V_{O_2} を変化した場合の処理中の $[\text{Si}]$ と $[\text{P}]$ の酸化状況を示している。 V_{O_2} が $0.44 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ では、 $[\text{Si}]$ が 0.15%

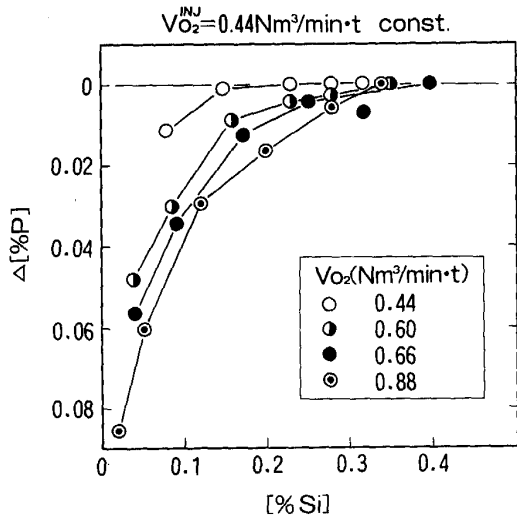


Fig. 6. Influence of oxygen feeding rate on oxidation behavior of silicon and phosphorus in hot metal.

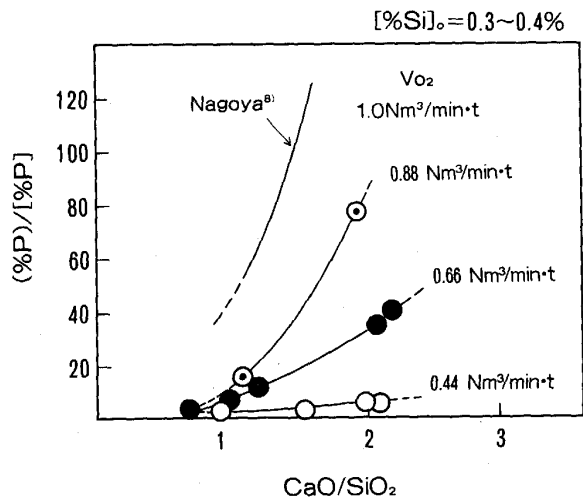


Fig. 7. Relation between (P)/[%P] and CaO/SiO_2 of top slag during treatment.

付近までは脱珪のみ進行し、脱りんはほとんど起こっておらず、 $[\text{Si}]$ が 0.15% 以下まで低下して初めて脱りんしている。 V_{O_2} が $0.66 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ では、 $[\text{Si}]$ が約 0.25% まで低下した時点から同時脱珪脱りんが進行している。

また、 V_{O_2} が $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ では、初期 $[\text{Si}]$ 濃度が 0.34% であるが、反応初期から同時脱珪脱りんが進行していることが分かる。このように、Fig. 6 より総送酸速度を大きくするほど高い $[\text{Si}]$ 濃度からの同時脱珪脱りんが可能であることが明らかに読み取れる。

また、優先脱りんの別の指標として、スラグ塩基度に対するりん分配比 $(\%P)/[\%P]$ の動きを整理してみた。

その結果を Fig. 7 に示す。処理時間の経過と共にトップスラグの CaO/SiO_2 は増加するが、同一 CaO/SiO_2 における $(\%P)/[\%P]$ が V_{O_2} により大きく異なっている。すなわち、 V_{O_2} が大きいほど、高い $(\%P)/[\%P]$ が得られている。 V_{O_2} が $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ では、高 $[\text{Si}]$ 濃度の領域でも脱りんが進むため CaO/SiO_2 が 2 程度の時点でも $(\%P)/[\%P]$ 約 80 が確保でき、低塩基度脱りんが可能である。一方、鉄鉱石上方投入がなく V_{O_2} が $0.44 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ と低い場合には CaO/SiO_2 が 2 程度では $(\%P)/[\%P]$ はほとんど確保できずに脱りんが困難である。図中に、新日鉄名古屋の実機転炉を用いた予備処理のデータ⁸⁾も併記した。反応容器、攪拌力等の条件は異なるが、 V_{O_2} が $1.0 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ と本実験より高い領域であることを考慮すると、本実験結果と傾向が一致する。

4.2 酸素供給速度、酸素供給方法とスラグの酸素ポテンシャル

スラグの酸素ポテンシャルにおよぼす V_{O_2} の影響を調べるために、 V_{O_2} と脱りんフラックスインジェクション

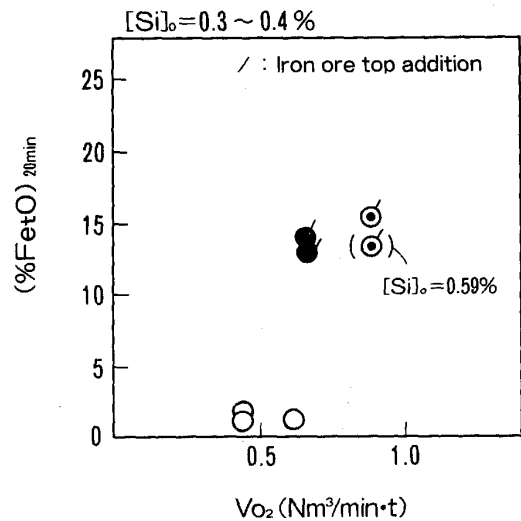


Fig. 8. Effect of oxygen feeding rate and iron ore top addition on $(\% \text{Fe}_2\text{O})$ in top slag.

ン終了時のトップスラグ中 (Fe_2O) の関係を見た. 結果を Fig. 8 に示す.

鉄鉱石の上方添加を行わなかった V_{O_2} が 0.44 と $0.60 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ では, (Fe_2O) が 2% 以下で極めて低い, 鉄鉱石上方添加を併用して V_{O_2} を $0.66, 0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ に増加した結果では, いずれも (Fe_2O) は 13%~15% と高い値になっている. V_{O_2} が $0.60 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ の場合を除けば, 他は全てインジェクション側の酸素源は酸素ガス $0.44 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ で一定であるので, 浴内の浮上スラグの酸素ポテンシャルは一定と考えられる. したがって, V_{O_2} が 0.66 および $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ で高い (Fe_2O) が得られたのは鉄鉱石上方投入によることがわかる. このように, 浴内条件は全く同じであるにもかかわらず, トップスラグに酸素源である鉄鉱石を添加するだけで脱りんが有利に進行することから, 同時脱珪脱りんのためにはトップスラグの酸素ポテンシャルの確保が重要と考えられる. 上述したように酸化鉄上方添加がない場合, (Fe_2O) は 2% 以下であったが, これは以前著者らが溶銑脱りん時の復りん挙動を検討した際の⁷⁾低塩基度スラグにおける復りん領域に入っていることから, トップスラグが脱りに寄与しなかったものと推定される. ただし, 酸素源上方添加がなくとも, インジェクションする酸素源を $0.60 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ より大きくしていけば, 浴内で生成する (Fe_2O) の増大に伴いトップスラグの (Fe_2O) をも増大することは可能と思われる. しかし, 系に与える総酸素供給速度を大きく保ち, かつ全ての反応サイト, すなわち浮上中フラックスと浮上後のフラックスで構成されるトップスラグの酸素ポテンシャルを同時に確保するためには, トップスラグへの酸素源の添加が有効と考えられる. なお, 本実験では, $0.60 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ より大きな V_{O_2} で酸素ガスをインジェクションするテストはスプラッシュ等の操業上の問題から実施することが出来なかった.

中島ら⁵⁾は, 槽型容器を使用した斜め下吹き法で同時脱珪脱りんが良好に進行することを報告しているが, 彼らの処理条件は V_{O_2} が $0.8 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ 以上と大きい.

したがって, 浴中スラグの酸素ポテンシャルが高値に確保でき, フラックスの浮上中の脱りんが効率よく進んだ結果と推定される. 彼らの実験ではトップスラグの酸化鉄濃度が $T\cdot\text{Fe}$ として平均 1~2% と低い, これは酸素源の上方添加がないためと考えられる.

4.3 スラグの酸素ポテンシャルと脱りん速度の関係

上記したように, 同時脱珪脱りん反応には生成するスラグの酸素ポテンシャルが大きく影響することが予想されるが, これらの関係について競合反応モデルを使った

検討を試みた. 計算には, 大口ら⁹⁾が提唱した物質移動律速反応モデルをインジェクション法にも適用可能な形に発展させた北村ら¹⁰⁾のモデルを使用した. その主な構成は, 反応の進行はスラグ, メタル両界面層の物質移動により律速され, 界面の酸素ポテンシャルは全ての反応に共通であると仮定し, さらに系が電気的中性を保ちながら反応が進行するとするものである. このモデルを, インジェクション処理における浴中フラックスおよびトップスラグの反応に適用して, 時々刻々の溶銑成分の変化を計算した. 考慮した溶銑中成分は, [P], [Si], [Mn], [S], [C] であり, 脱炭反応についてはその速度が界面の CO 過飽和度に比例するとした大口らの仮定に基づき, 次式のように表した.

$$J_c = F_C([\%C] - [\%C]^*) \\ = G_{CO}(P_{CO}^* - P_{CO})/P_{CO} \dots\dots\dots(1)$$

ここで, F_C は物質移動係数 ($\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$), P_{CO}^* は界面における過飽和圧 (MPa(atm)) である. G_{CO} は現象論的速度パラメータである. Fig. 9 に, インジェクション条件を一定にしてトップスラグへの酸素源供給速度を変化させた実験(Fig. 3)の条件にそって計算し, 脱珪反応と脱りん反応のシミュレーションを行った結果を示している. 用いた主なパラメータとしては, G_{CO} を 1×10^{-6} ($\text{mol}/\text{cm}^2\cdot\text{s}$), メタル側物質移動係数 k_m を 0.05 (cm/sec), メタル側とスラグ側の物質移動係数の比 k_m/k_s を 10, 浴中フラックス粒径を 50 ミクロンとし, これらは何れの実験水準に対しても一定として計算した. 図中には実績データも併記しているが, 脱珪脱りん挙動におよぼすトップスラグへの酸素供給速度の影響がほぼ説明できている. すなわち, 脱りん反応はトップスラグへの酸素供給速度の増加により大きく促進される

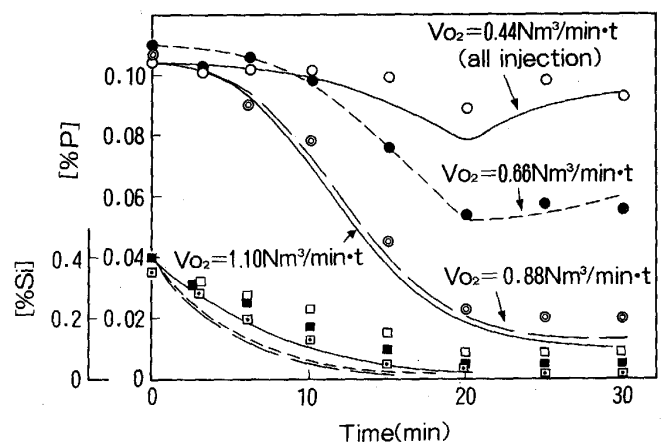


Fig. 9. Comparison between experimental values and calculated ones of desiliconization and dephosphorization.

こと、また、脱珪反応も同様の傾向が認められるものの、その影響は僅かで脱りんほどの差が生じないことが計算結果からも得られている。Fig. 3の実験では、酸素供給速度は最大 $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ であったが、更に $1.10 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ まで増加させた場合の思考実験も行った結果、図に示すように $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ とほとんど差がない結果となった。トップスラグへの酸素供給速度の影響を物質移動律速を仮定した本モデルから推定すると以下のようになる。酸素供給速度の増大によるトップスラグの酸素ポテンシャルの上昇に伴い、反応界面の $[P]$ 濃度が低下して脱りん反応のドライビングフォースが大きくなり、脱りんが促進される。一方、脱珪反応については、界面 $[Si]$ 濃度はトップスラグへの酸素源供給がない条件でも極めて低いため、トップスラグの酸素ポテンシャルにはりんほどは敏感に影響を受けず、大きな変化がない。また、逆に酸素供給速度が低い場合にはトップスラグの酸素ポテンシャルが反応界面の $[P]$ を十分低下させるほど上昇しないために脱りんは停滞し、 $[P]$ より酸化されやすい $[Si]$ のみが酸化除去される。Fig. 9の計算結果は、本実験条件にそって吹き込まれる酸素ガス量一定の下でのトップスラグの酸素ポテンシャル増大の影響を示しているが、インジェクション側の酸素供給速度を増大させても基本的には同じ傾向が現れるはずである。しかし、その際もトップスラグの (Fe_2O) 確保が可能な条件設定が必要である。すなわち、同時脱珪脱りんのためには酸素供給速度を十分確保して全ての反応サイトの酸素ポテンシャルを増大させることが最大のポイントであると考えられる。

4.4 初期 $[Si]$ 濃度に応じた同時脱珪脱りんのための酸素供給条件

本実験と過去の研究のデータ^{5)8)11)~14)}に基づき、それぞれの実験で設定された総酸素供給速度 V_{O_2} および初期 $[Si]$ 濃度における同時脱珪脱りんの可否をまとめると、Fig. 10に示すような図に整理される。これからわかるように、 V_{O_2} が大きいほど同時脱珪脱りんが可能な $[Si]$ 濃度が高くなっている。反応界面となる浮上中スラグおよびトップスラグの酸素ポテンシャルは、 V_{O_2} のみで決まるものではないが（酸素源上方添加、鋼浴の攪拌力等の影響も大きいと考えられる）、マクロ的には V_{O_2} でかなり明確な対応関係を示している。このことから、溶銑の初期 $[Si]$ 濃度に応じた V_{O_2} の増加が可能であれば、脱珪と脱りんを分離することなく同時に処理

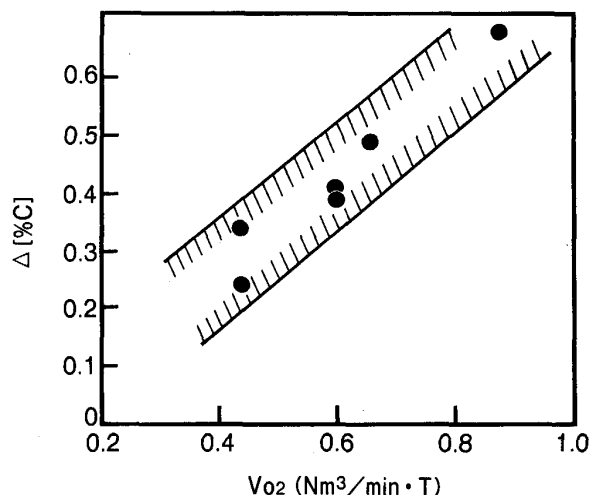


Fig. 11. Influence of oxygen feeding rate on the amount of carbon oxidation.

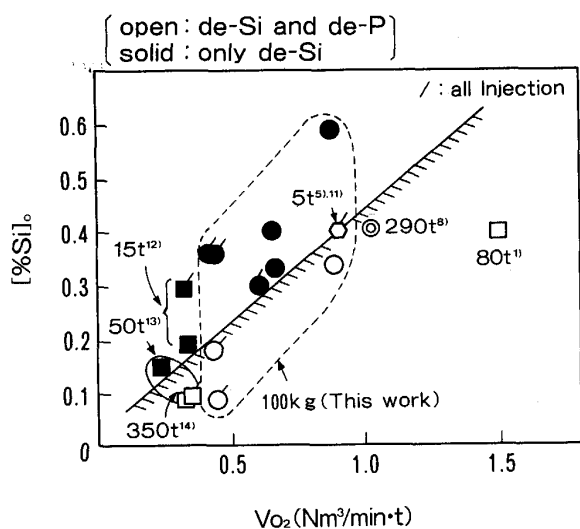


Fig. 10. Effect of oxygen feeding rate on desilicization and dephosphorization.

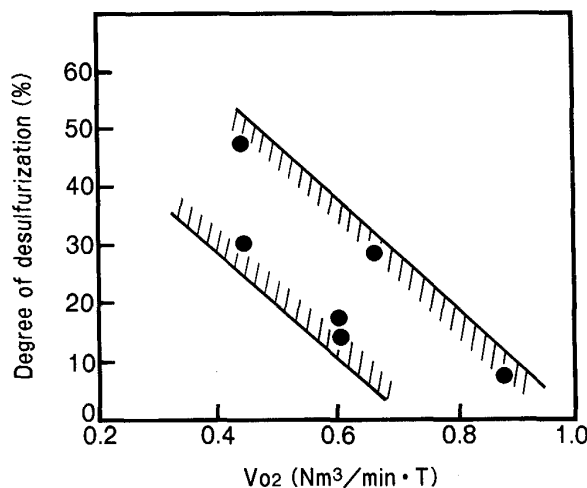


Fig. 12. Influence of oxygen feeding rate on the degree of desulfurization.

することができること、また、脱珪が省略できなくとも可能な範囲で V_{O_2} を確保することにより、脱りん開始時の $[Si]$ 濃度を高くし、脱珪の負荷軽減を図れることがわかる。なお、Fig. 10 の各点におけるスラグの CaO/SiO_2 は、 $[Si]_0$ の値にほぼ対応する。すなわち、 $[Si]_0$ が高いほど、より低い CaO/SiO_2 のスラグを生成する (CaO 原単位は各データ間で大差はない)。したがって、Fig. 10 は低い CaO/SiO_2 (高い $[Si]_0$) でも脱りんを可能にするためには $[Si]_0$ に応じて、 V_{O_2} を斜線領域まで高める必要があることを同時に示している。ただし、同時脱珪脱りんを行った場合の冶金反応上の課題もある。すなわち、Fig. 11, Fig. 12 に示すカーボンロスおよび脱硫率低下の問題である。前者に対しては、発生する CO ガスの回収が必須となるであろうし、後者に対しては脱珪脱りんとは分離した脱硫プロセスの検討が必要である。また反応の問題だけでなく、スラグボリュームの増大に伴う操業上の問題にも留意する必要がある、反応容器形状の最適化検討も同時に重要課題となろう。

5. 結 言

100 kg 大気溶解炉を用いて、溶銑の同時脱珪脱りん反応に関する基礎検討を行い、以下の知見を得た。

1) 系への酸素供給速度を大きくする程、より高い $[Si]$ 濃度からの同時脱珪脱りんが可能となる。これは、酸素供給速度を増大することにより生成スラグ中の (Fe_2O) が高くなり、反応界面の酸素ポテンシャルが増加することによって反応界面の $[Si]$ および $[P]$ 濃度が十分に低下し、脱珪と脱りんが同時進行したものと考えられる。

2) 酸素供給速度を $0.88 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ (上方添加およびインジェクション共に $0.44 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$) まで高めると、処理後スラグの CaO/SiO_2 が 2 程度でも $(\% P)/[\% P]$

約 80 が得られ、低塩基度脱りんが可能であることが判明した。

3) 同時脱珪脱りん反応を有利に進めるためには、全ての反応サイトにおけるスラグ-メタル界面の酸素ポテンシャルを増大させることが重要であり、そのためにはインジェクションフラックスだけでなくトップスラグへの酸素源の添加が重要である。

最後に本研究を進める上で、貴重な御指導、御助言をいただきました東北大学名誉教授不破祐博士ならびに九州大学名誉教授川合保治博士に心より感謝致します。

文 献

- 1) 塩飽 潔, 川崎正蔵, 神森章光, 青木松秀, 羽鹿公則: 鉄と鋼, **73** (1987), p. 1567
- 2) 吉田克磨, 青木伸秀, 山田和之, 川上光博, 荒井克彦: 材料とプロセス, **1** (1988), p. 121
- 3) 成田貴一, 牧野武久, 松本 洋, 彦坂明秀, 勝田順一郎: 鉄と鋼, **69** (1983), p. 1722
- 4) 河内雄二, 前出弘文, 神坂栄治, 佐藤信吾, 井上 隆, 名木 稔: 鉄と鋼, **69** (1983), p. 1730
- 5) 中島義夫, 向 政登, 深見泰民, 孫 海平, 森谷尚玄, 丸橋茂昭: 鉄と鋼, **76** (1990), p. 1823
- 6) 片山裕之, 稲富 実, 梶岡博幸, 山本里見, 田中英夫: 鉄と鋼, **62** (1976), A17
- 7) 金子敏行, 松崎孝文, 田淵 敏: 鉄と鋼, **78** (1992), p. 722
- 8) 加藤 郁, 山内秀樹, 小野山修平, 追田真人, 佐渡達也, 伊奈正樹: 材料とプロセス, **4** (1991), p. 1154
- 9) S. Ohguchi, D. G. C. Robertson, B. Deo, P. Grieveson and J. H. E. Jeffes: Ironmaking Steelmaking, **11** (1984), p. 202
- 10) T. Kitamura, K. Shibata, I. Sawada, S. Kitamura: Proc. the 6th IISC, Vol. **3** (1990), p. 50
- 11) 中島義夫, 深見泰民, 福井克則, 森谷尚玄, 丸橋茂昭: 鉄と鋼, **73** (1987), S. 883
- 12) 竹内秀次, 小沢三千晴, 野崎 努, 江見俊彦, 大谷尚史: 鉄と鋼, **69** (1983), p. 1771
- 13) 桑原達朗, 稲葉東實, 吉田基樹, 金子敏行, 伊美哲生, 溝口庄三: 鉄と鋼, **68** (1982), S. 964
- 14) S. Tabuchi, K. Honda, T. Kaneko, K. Shirabe, H. Takamoto, M. Hattori, Y. Takemura, T. Yamamoto: Proc. the 6th IISC, Vol. **3** (1990), p. 57