

試験脱炭炉における二次燃焼特性への 少量スラグの影響

© 1990 ISIJ
 技術報告
 //

西村 光彦*・石川 英毅*²・斎藤 力*³

Effect of Slag Volume on the Characteristics of Post-combustion in a Test Decarburization Furnace

Mitsuhiko NISHIMURA, Hidetake ISHIKAWA and Chikara SAITOU

Synopsis :

Effects of flux and slag volume on the characteristics of post-combustion were studied by using a 10 t ladle type test furnace with pre-treated molten pig iron. Three kinds of flux were used : CaO, CaO-MgO and SiO₂, and amount of flux addition was varied between 3 to 15 kg/t.

Followings are brief results.

In the case that the cavity depth by O₂ jet was lower than 150 mm deep, the post-combustion ratio decreased in every flux addition as compared with no flux addition. Especially, SiO₂ flux addition caused the lowest post-combustion ratio.

From the results of heat balance, it was made clear that the heat efficiency for heating the bath decreased sharply in SiO₂ flux adding heat.

The reason is considered to be that, in SiO₂ flux adding heat, slag foaming was very high.

Some mechanisms are proposed to explain the decrease of the post-combustion ratio by the addition of SiO₂ flux.

Key words : steelmaking; soft blowing; decarburization; post-combustion; slag foaming.

1. 緒 言

省エネルギー化, 低コスト化あるいは高純度な鋼の製造のため, 溶銑予備処理技術ならびに予備処理溶銑を用いたスラグレス脱炭技術の開発が進められている^{1)~12)}.

著者らは先に¹²⁾¹³⁾, 10 t 取鍋型試験脱炭炉を用いてスラグレス脱炭実験を行い, 吹錬条件によっては排ガス中の CO₂/(CO + CO₂) の比率 (以下これを二次燃焼率と呼ぶ) および鋼浴の脱炭昇温率が大幅に変化することを報告した。さらに, この実験データについて, できるだけ正確な物質, 熱収支解析を行い炉内での熱の発生状況とその分配を明らかにし, また, 二次燃焼率が高いときの排ガスおよび炉壁温度を推定した報告を行った。

通常, 予備処理溶銑の転炉吹錬において, 二次燃焼率を大きく変えることは困難である。また, 炉体保護のため少量とはいえフラックスが添加され, かつ, 前回ヒートの残スラグあるいは溶銑予備処理時のスラグの炉内への持ち込みがあるため, 二次燃焼へのスラグの影響を系

統的に解析することは難しいと考えられる。

そこで本研究では上記試験脱炭炉における予備処理溶銑の脱炭実験で, フラックスの種類と添加量を変えた実験を行い, 二次燃焼特性に及ぼすスラグ組成および量の影響を把握することを試みた。

また, 著者らは前報¹²⁾で二次燃焼率とスラグ膨張高さに相関があることを述べた。一方, 試験脱炭炉の炉体耐火物は MgO 系であるため, スラグの組成としては MgO 飽和ないし飽和に近いものとなる。このようなスラグのフォーミング特性についての研究はこれまで例がなく, Fe_xO を含む MgO-SiO₂ 系スラグのフォーミング現象について実験を行い, 若干の考察をした。最後に, スラグフォーミング高さや二次燃焼特性の関係について二, 三の考え方を提示した。

2. 実験設備および実験方法

2.1 実験設備

10 t 取鍋型脱炭試験設備の構成, 寸法等は前報¹²⁾の

平成 2 年 1 月 6 日受付 (Received Jan. 6, 1990)

* 新日本製鉄(株)中央研究本部 (Central R & D Bureau, Nippon Steel Corp., 1618 Ida Nakahara-ku Kawasaki 211)

*² 新日本製鉄(株)製鋼研究センター 工博 (Steelmaking Technology Lab., Nippon Steel Corp.)

*³ 新日本製鉄(株)製鋼研究センター (Steelmaking Technology Lab., Nippon Steel Corp.)

Table 1. Flux compositions.

Flux	Composition (wt%)							Flux size
	CaO	MgO	SiO ₂	CO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	
CaO-MgO	82.0~83.0	10.0	1.0	4.6	—	—	—	3~40 mm 98.2% —3 mm 1.8%
CaO	94.4	—	1.0	3.5~4.0	—	—	—	1~5 mm 45.6% 1~0.3 mm 19.6% —0.3 mm 34.8%
SiO ₂	—	—	98.02	—	0.95	0.86	0.60	0.5~2.0 mm

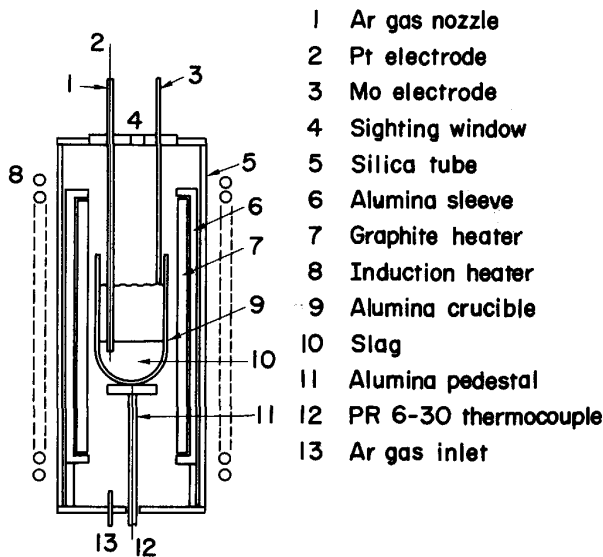


Fig. 1. Apparatus for the measurement of slag foaming height.

とおりであるが、主な構成要素を次に記述する。

浴深 (L_0)/浴径 (D) の大きいいわゆるディープバス型試験炉 ($L_0/D \approx 1.0$) を使用した。なお、炉の上部は着脱式フリーボードとなっている。酸素ランスは主として広角(傾斜角が 20°) の7孔ランスを使用した。酸素ガス流量は $2.5 \text{ Nm}^3/\text{min} \cdot \text{t}$ と一定した。また、鋼浴攪拌のため炉底部に設けた3個のポーラスプラグよりアルゴンガスを $0.1 \text{ Nm}^3/\text{min} \cdot \text{t}$ 流した。

供試溶鉄の成分、温度、吹錬条件の範囲もほとんど前報¹²⁾ と同じである。

試験炉の炉体耐火物はマグネシアカーボンあるいはマグネシアクロムレンがであり、着脱式のフリーボードの耐火物はアルミナキャストブルである。

一方、スラグフォーミング実験には、黒鉛を発熱体とする高周波誘導炉を使用した。その概略を Fig. 1 に示す。るつばはアルミナ製タンマン管(内管 $40 \text{ mm}\phi$ 、高さ 150 mm) を使った。測温には Pt Rh 6%-Pt Rh 30% 熱電対を用いた。るつば内の温度変化は 1390°C (スラグフォーミング実験温度) において、るつば底部から上方向 75 mm まで $\pm 5^\circ\text{C}$ の範囲であった。ガス吹込み管

Table 2. Slag compositions.

Slag	(wt%)					
	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
A	39.7	12.7	23.1	—	17.7	5.2
B	23.4	6.6	38.0	—	16.1	13.6

は内径 $4 \text{ mm}\phi$ のアルミナ管を使用し、その先端部に外径 $1.2 \text{ mm}\phi$ 、内径 $0.8 \text{ mm}\phi$ 、長さ 60 mm のアルミナ細管7本を挿入した。吹込み管内部には電極として Pt 線を通した。他方の電極は Mo 棒を使用した。

2.2 実験方法

二次燃焼への少量スラグの影響を把握するため、フラックスの種類と添加量を変えた実験を行った。実験に供したフラックスの種類、組成および粒度分布を Table 1 に示す。添加量は各フラックスとも主として $3\sim 5 \text{ kg/t}$ であるが、CaO-MgO 系フラックスはさらに $10, 15 \text{ kg/t}$ の添加実験をした。フラックス添加は主として脱炭試験開始前に炉内に投入した。

また、吹錬中の測温およびメタルとスラグのサンプル採取、スラグ膨張高さ測定、炉内排ガス組成分析、ダスト生成量測定と組成分析などは前報¹²⁾ と同一方法で行った。

スラグフォーミング実験に供したスラグ組成を Table 2 に示す。スラグ A が 10 t スラグレス脱炭試験におけるフラックス添加なしのスラグに相当し、スラグ B が SiO₂ 系フラックス添加時のスラグに相当する。いずれも吹錬中期の組成に合わせた。フラックス原料は化学試薬1級を使用した。タンマン管でのフラックス溶解量は 100 g 、吹込みガスはアルゴンガスで吹込み量は $100\sim 600 \text{ ml/min}$ とした。スラグフォーミング高さは溶融スラグ中に一定流量でガスを吹き込んだ時、その前後の浴面の位置の差から求めた。スラグ浴面の位置は Fig. 1 に示す Mo 電極棒を上下して電氣的に検出した。

3. 実験結果

3.1 二次燃焼特性に及ぼすフラックス添加の影響

脱炭試験中の炉内排ガスをフリーボード中央部から約

2 min 間隔で採取し、ガスクロマトグラフにより分析し組成を求め、ヒート平均の二次燃焼率 R'_{CO_2} ($= CO_2 / (CO + CO_2)$) を算出した。なお、物質収支、熱収支計算から求められた計算二次燃焼率を R_{CO_2} とした。

二次燃焼率の大小には前報¹²⁾で述べたように酸素ジェットによる鋼浴のへこみ深さ (L) の影響が大きい。そこで二次燃焼率へのフラックス添加の影響についても、まず、二次燃焼率 R'_{CO_2} と L の関係で整理し、フラックス添加有無の比較をしたのが Fig. 2 である。図中、実線枠内が前報¹²⁾のフラックス添加なしの場合のデータである。 $L \leq 150$ mm でフラックス添加 (添加量 3, 5 kg/t) により二次燃焼率の低下する傾向が見られ、とくに、 SiO_2 系フラックス添加の場合でその低下が著

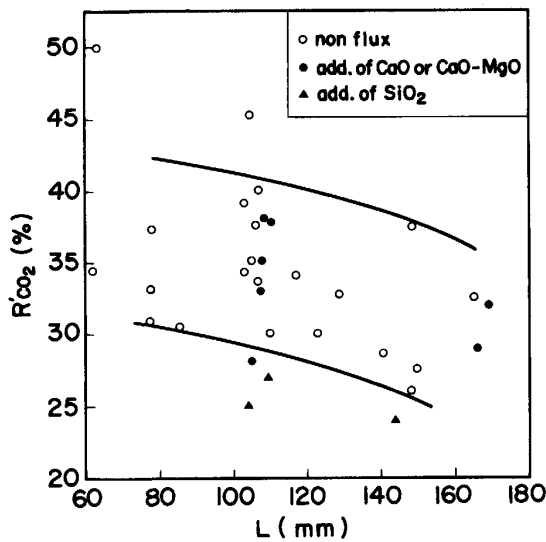


Fig. 2. Relation between observed post-combustion ratio (R'_{CO_2}) and cavity depth by O_2 jet (L).

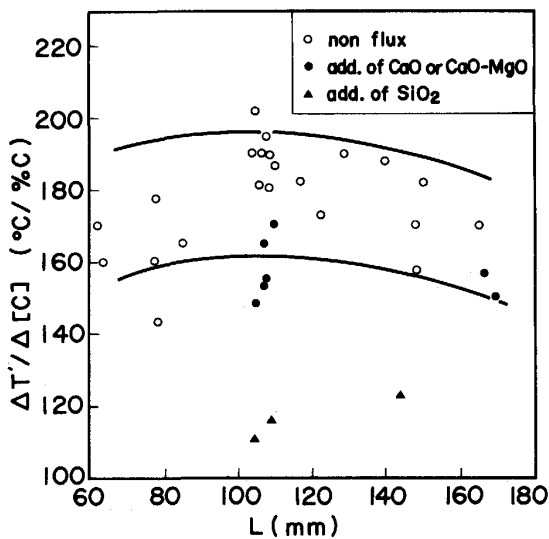


Fig. 3. Relation between $\Delta T' / \Delta [C]$ and L .

しいことがわかる。しかし $L > 150$ mm ではフラックス添加 (添加量 10, 15 kg/t) と添加なしで両者に差は見られない。

つぎに、脱炭昇温率 $\Delta T' / \Delta [C]$ ($\Delta T'$ の定義は前報¹²⁾と同じ) と L の関係についてフラックス添加の影響をみたのが Fig. 3 である。図中、実線枠内はフラックス添加なしの場合のデータである。フラックス添加の場合、 $\Delta T' / \Delta [C]$ の低下が見られ、とくに、 SiO_2 系フラックス添加で大幅に低下している。

吹錬中のスラグ膨張高さ (吹錬中の最大値) へのフラックス添加の影響を示したのが Fig. 4 である。フラックス添加の場合、当然ながらスラグ膨張が大きい、とくに SiO_2 系フラックス添加で大となっている。 $L > 150$ mm ではフラックス添加有無の差はあまりない。

$\Delta T' / \Delta [C]$ と R'_{CO_2} の関係に及ぼすフラックス添

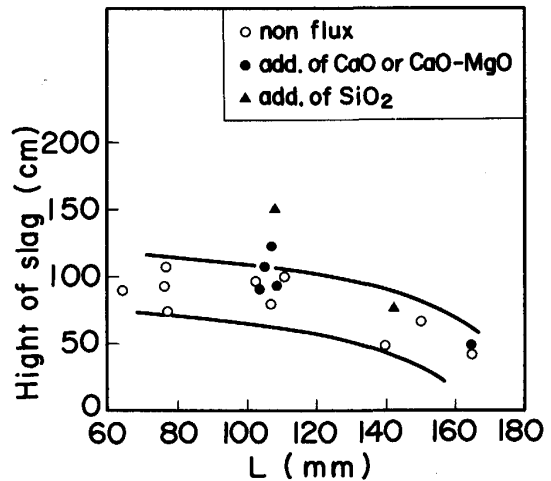


Fig. 4. Relation between height of slag and L .

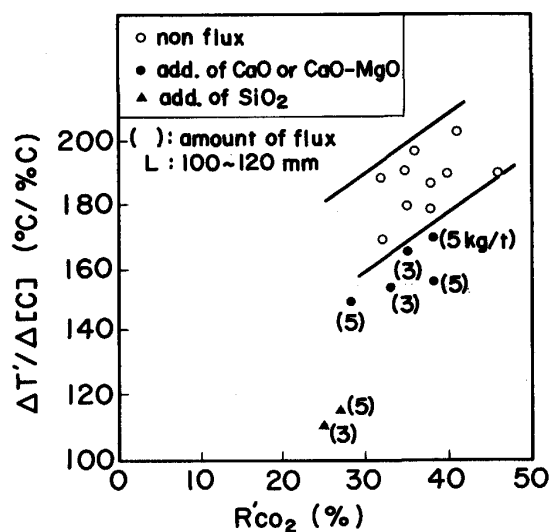


Fig. 5. Relation between $\Delta T' / \Delta [C]$ and R'_{CO_2} .

加の影響を Fig. 5 に示す. ここでは $L = 100 \sim 110$ mm の範囲に限定した. 同一 R'_{CO_2} でもフラックス添加により $\Delta T'/\Delta [C]$ が低下しており, とくに, SiO_2 系フラックス添加でその傾向が顕著であるといえる. また, 添加量の影響については, 3 kg/t と 5 kg/t の差は明瞭でない. $CaO-MgO$ 系フラックス 10, 15 kg/t の添加実験は $L > 150$ mm で行っており添加有無の差, 添加量の差ともなかった.

3.2 スラグ中 Fe^{3+}/Fe^{2+} に及ぼすフラックス添加の影響

吹止めスラグ中 Fe^{3+}/Fe^{2+} へのフラックス添加の影響を見る. Fig. 6 に吹止めスラグ中 Fe^{3+}/Fe^{2+} と二次燃焼率の関係を示す. これよりフラックス添加の有無によらず, 二次燃焼率の影響を受け, 二次燃焼率が高いほど Fe^{3+}/Fe^{2+} が大となっていることがわかる. また, 吹鍊中期 (吹鍊開始後約 9 min) のスラグ中 Fe^{3+}/Fe^{2+}

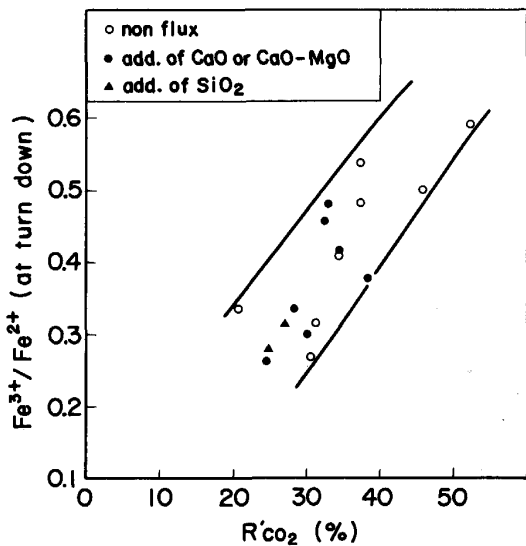


Fig. 6. Relation between Fe^{3+}/Fe^{2+} in slag at turn down and R'_{CO_2} .

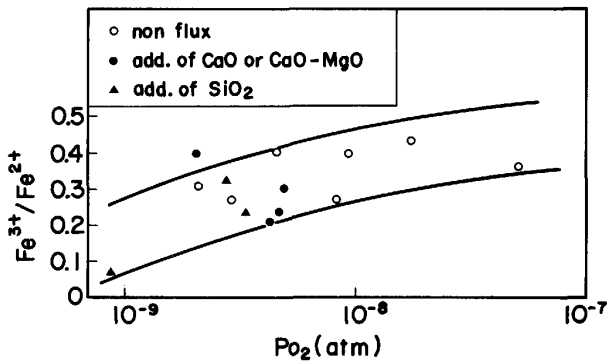


Fig. 7. Relation between Fe^{3+}/Fe^{2+} in slag and P_{O_2} past 9 min blowing.

と雰囲気ガス P_{O_2} の関係をみたのが Fig. 7 である. なお, P_{O_2} はヒート平均の二次燃焼率から算出した. ここでガス温度は溶鋼温度と等しいと仮定した. P_{O_2} の増加とともに Fe^{3+}/Fe^{2+} が大となっていることがわかる.

以上より, スラグ中 Fe^{3+}/Fe^{2+} の挙動は雰囲気ガスの影響を強く受けていると考えられる.

3.3 鋼中 [N] に及ぼすフラックス添加の影響

スラグレス脱炭プロセスにおいて, 熱補償あるいは歩留り向上のため酸素上吹き条件をソフトブローとする場合が多いが, その時鋼中 [N] が高くなることが問題となる. そこで鋼中 [N] に及ぼすフラックス添加の影響を検討した.

まず, スラグ塩基度 V と鋼中 [N] の関係を見る.

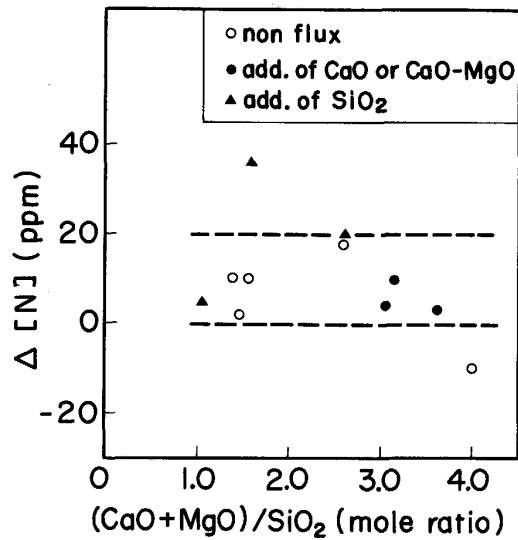


Fig. 8. Relation between $\Delta[N]$ and slag basicity.

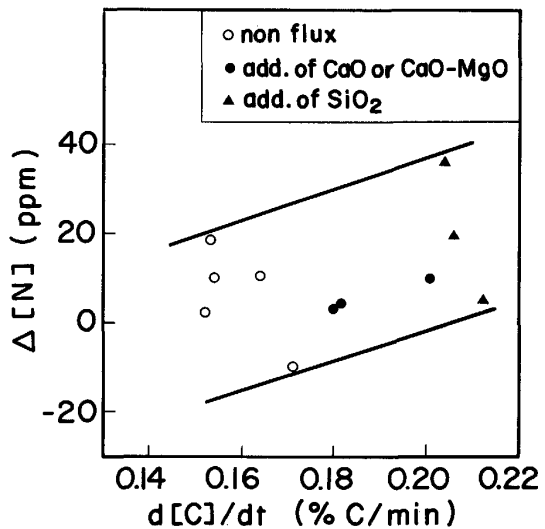


Fig. 9. Relation between $\Delta[N]$ and decarburization rate.

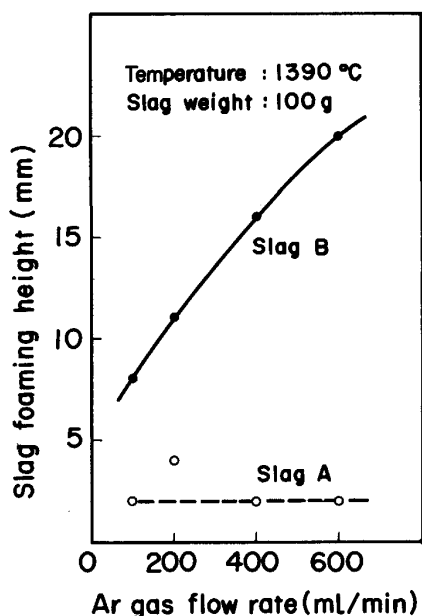


Fig. 10. Relation between slag foaming height and Ar gas flow rate.

Fig. 8 は V と脱窒量 $\Delta[N]$ (=溶銑 $[N]$ -吹止め $[N]$) の関係を示す。なお試験に供した溶銑 $[N]$ は 35~55 ppm であった。この図で V と $\Delta[N]$ の関係は明らかではないが SiO_2 系フラックス添加の場合、 $\Delta[N]$ が大なる傾向が認められた。

つぎに、脱炭速度と $\Delta[N]$ の関係を Fig. 9 に示す。脱炭速度が大なるほど $\Delta[N]$ は大となっている。

脱炭速度が大きいほど $\Delta[N]$ が大きいのは当然予想されることであるが、 SiO_2 系フラックス添加の場合で $\Delta[N]$ が大きいのは、このスラグ系はフォーミングしやすく、吹窒を防止することによるのではないかと考えられる。

3.4 スラグフォーミング実験結果

スラグフォーミング実験の結果を Fig. 10 に示す。実験温度は 1390°C であった。これより、 SiO_2 系フラックス添加相当スラグ B の方がフォーミングが非常に起こりやすいことがわかる。

4. 熱収支へのフラックス添加の影響

4.1 物質および熱収支計算法

本試験脱炭炉における脱炭試験の物質収支および熱収支計算法については前報¹³⁾ に記述してあるので、ここでは簡単に述べる。

メタルおよびスラグ成分に関する基本収支式ならびに酸素収支式と下記の熱収支式(1)式を組み合わせる計算した。

$$\begin{aligned}
 H_m \cdot W_m + H_s \cdot W_s + H_d \cdot W_d + \sum_k \Delta H_f(\text{Fe}, \text{bk}) \cdot B_s(k) \cdot (\text{Fe})_{\text{bk}} + Q_g + Q_{HL} = \sum_j H_{b,j} \cdot B_m(j) \\
 + \sum_k H_{b,k} \cdot B_s(k) + \{(1 - R_{\text{CO}_2}) \cdot \Delta H_f(\text{CO}) \\
 + R_{\text{CO}_2} \cdot \Delta H_f(\text{CO}_2)\} \times (\Delta W(1)/M_c) \\
 + \sum_{i=2}^5 \Delta H_f(i) \cdot \Delta W(i)/M_i + \Delta H_f(\text{Fe}, \text{s}) \cdot W_s(\text{Fe})_s \\
 + \Delta H_f(\text{Fe}, \text{d}) \cdot W_d \cdot (\text{Fe})_d + Q_s \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

ここで、

- W_m, W_s, W_d : 溶鋼, スラグ, ダストの生成量 (kg)
- $B_m(j), B_s(k)$: 金属原料 (溶銑, スクラップ等), 非金属原料 (フラックス, 酸化鉄) 装入量 (kg)
- $H_m, H_s, H_d, H_{b,j}, H_{b,k}$: 溶鋼, スラグ, ダスト, 金属原料, 非金属原料の含熱量 (kcal/kg)
- $\Delta H_f(\text{CO}), \Delta H_f(\text{CO}_2), \Delta H_f(i)$: CO, CO₂ および i 成分の酸化物の標準状態での生成反応熱 (kcal/mol)
- $\Delta H_f(\text{Fe}, \text{s}), \Delta H_f(\text{Fe}, \text{d}), \Delta H_f(\text{Fe}, \text{bk})$: スラグ, ダスト, 非金属原料の酸化鉄の標準状態での生成反応熱 (kcal/kg·Fe)

$(\text{Fe})_s, (\text{Fe})_d, (\text{Fe})_{b,k}$: スラグ, ダスト, 非金属原料中の (T. Fe) 濃度 (%/100)

Q_g, Q_s : 排ガス顕熱およびスラグ生成熱

Q_{HL} : 炉体耐火物に伝えられた損失熱

M_i : i 成分の原子量

$\Delta W(i)$: 溶鉄から除去された i 成分の重量

(1)式中熱定数については前報¹³⁾と同様とした。またスラグ生成熱 Q_s について前報では無視したが、今回は計算に入れた。すなわち、スラグ対象成分は CaO, SiO₂, MgO, FeO, Fe₂O₃ で化合物形態とその生成順序は次のように仮定した。この生成反応熱は文献値¹⁴⁾によった。

- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1. CaO·SiO ₂ | 5. FeO·SiO ₂ |
| 2. 2 CaO·SiO ₂ | 6. 2 FeO·SiO ₂ |
| 3. MgO·SiO ₂ | 7. CaO·Fe ₂ O ₃ |
| 4. 2 MgO·SiO ₂ | |

計算方法は熱収支計算区間の前後のスラグ成分にもとづき、それぞれのスラグ生成熱を計算し、その差をその区間の生成熱とした。

4.2 計算結果

4.2.1 排ガス温度に及ぼすフラックス添加の影響

(1)式において、前報と同様に Q_{HL} に炉体の蓄熱量と放熱量の和を適用 (二次燃焼率によらず 200×10^3 kcal/heat と一定とした) すれば、排ガス顕熱 Q_g が定まり、ヒート平均の排ガス温度 T_g が求まる。排ガス温度 T_g と二次燃焼率 R_{CO_2} の関係を Fig. 11 に示す。こ

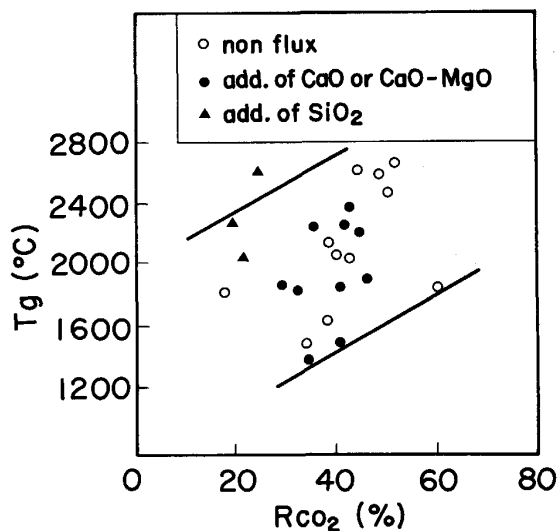


Fig. 11. Relation between calculated post combustion ratio (R_{CO_2}) and gas temperature (T_g).

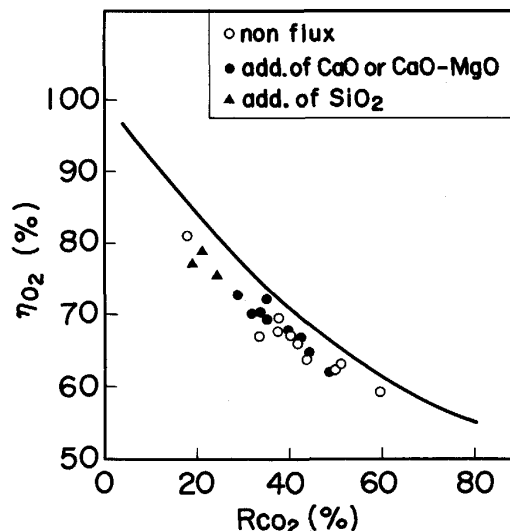


Fig. 12. Relation between R_{CO_2} and oxygen efficiency (η_{O_2}).

ここで二次燃焼率としては計算二次燃焼率 R_{CO_2} を用いた。二次燃焼率の実測値と計算値は一部のデータを除き、 $\pm 5\%$ 以内の精度で対応した。

二次燃焼率が低い時は、 T_g はほぼ溶鉄平均温度に相当しているが、二次燃焼率が高くなると 2000°C を超える。フラックス添加の影響については、CaO系あるいはCaO-MgO系フラックスの場合は、フラックス無添加時とほとんど変わらないが、SiO₂系フラックスの場合は、二次燃焼率が低いにもかかわらず T_g が高くなっているのがわかった。これはスラグフォーミングにより高温排ガスから溶鋼への伝熱が低下することによるという可能性が考えられる。

4.2.2 脱炭酸素効率に及ぼすフラックス添加の影響

二次燃焼率 R_{CO_2} と脱炭酸素効率 η_{O_2} の関係を Fig. 12 に示す。実線は C, O 収支から推定される曲線で、実績値との差はスラグ、ダスト等に O₂ が消費されたことによると解釈される。フラックス添加による影響は少ないといえる。

4.2.3 二次燃焼の熱効率に及ぼすフラックス添加の影響

二次燃焼の熱量のうち、排ガス顕熱の増加につながる無効分の割合を明らかにするため、前報¹³⁾と同様に二次燃焼の熱効率 η_H を下式で定義した。

$$\eta_H (\%) = \{1 - (Q_g - Q_{g,0}) / Q_{p,c}\} \times 100$$

Q_g : 熱収支で求めた排ガス顕熱 (Q_{HL} 一定と仮定)

$Q_{g,0}$: $R_{CO_2} = 0$ での仮定の排ガス顕熱, ここでは \bar{T}_g
 $= \bar{T}_s$ (平均溶鉄温度) として算出

$Q_{p,c}$: 二次燃焼の熱量

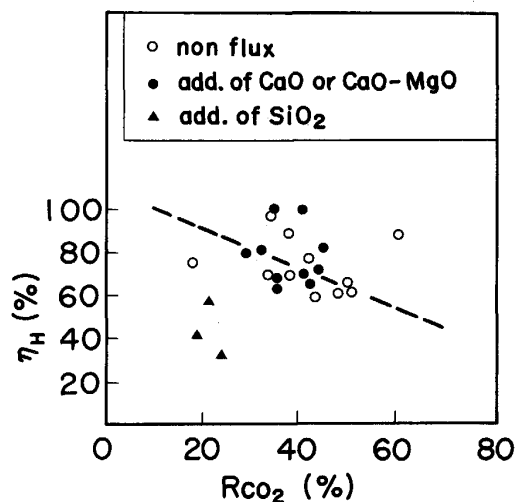


Fig. 13. Relation between heat efficiency (η_H) and R_{CO_2} .

二次燃焼率 R_{CO_2} と二次燃焼の熱効率 η_H の関係を Fig. 13 に示す。 R_{CO_2} の増加とともに η_H が低下することがわかる。点線は SiO₂系フラックス添加ヒートを除いた回帰線であるが、SiO₂系フラックス添加で η_H が著しく低下している。これも前述のスラグフォーミングの影響と考えられる。次に排ガス顕熱量から推定される排ガス温度 T_g と η_H の関係を Fig. 14 に示す。当然ながら η_H が減少するにしたがい T_g が高くなっている。SiO₂系フラックス添加の場合、 R_{CO_2} が低いのに η_H が低く、かつ、 T_g が高いのはすでに述べたようにスラグフォーミングしやすいことによると考えられる。

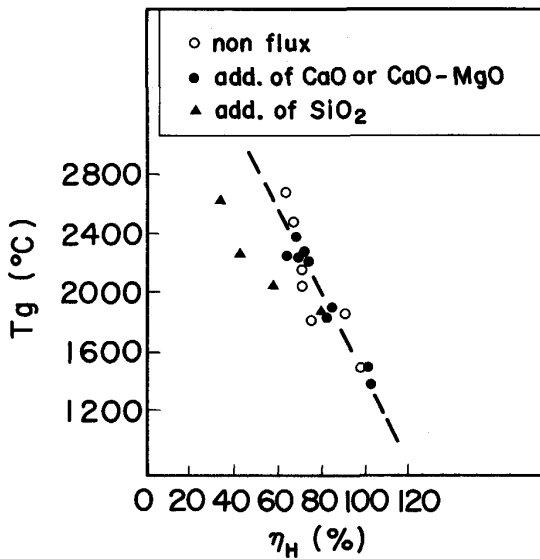


Fig. 14. Relation between η_H and T_g .

5. 考 察

3・1 項で述べた二次燃焼特性に及ぼすフラックス添加の影響の中で、とくに SiO₂ 系フラックスの添加により二次燃焼率が大幅に低下したことについて考察する。

著者らは前報¹²⁾において、二次燃焼率とスラグ膨張高さに相関があることを述べており、二次燃焼はスラグの膨張高さあるいはスラグのフォーミングと関係があると思われる。

3・4 項で述べたようにスラグフォーミング実験により SiO₂ 系フラックス添加相当スラグがフォーミングしやすいことがわかった。これは原ら¹⁵⁾の FeO-CaO-SiO₂ 系スラグで得られた結果とよく一致している。すなわち、O/Si 比を求めるとスラグ A : 3.21, スラグ B : 2.23 でスラグ B (SiO₂ 系フラックス添加相当スラグ) の方が O/Si が小さくフォーミングしやすいのである。ここで 10 t 試験脱炭炉でのフラックス添加実験 (5 kg/t 添加) のときの吹錬中期におけるスラグの O/Si 比を求めたのが Table 3 である。

これよりスラグフォーミング実験でのスラグの O/Si 比は 10 t 規模試験のスラグの O/Si 比とよく合致しており、SiO₂ 系フラックス添加の場合、このフォーミング現象が 10 t 規模試験でも起こっているものと予想される。

次に、スラグフォーミングと二次燃焼の関係について考える。

スラグフォーミングが大のとき、二次燃焼率が低下する理由として、次の二つが考えられる。

Table 3. O/Si ratio in slags.

Flux	Range	Average
Non	2.8-3.3	3.20
CaO-MgO	3.2-3.9	3.53
CaO	3.0-4.5	3.72
SiO ₂	2.0-2.8	2.28

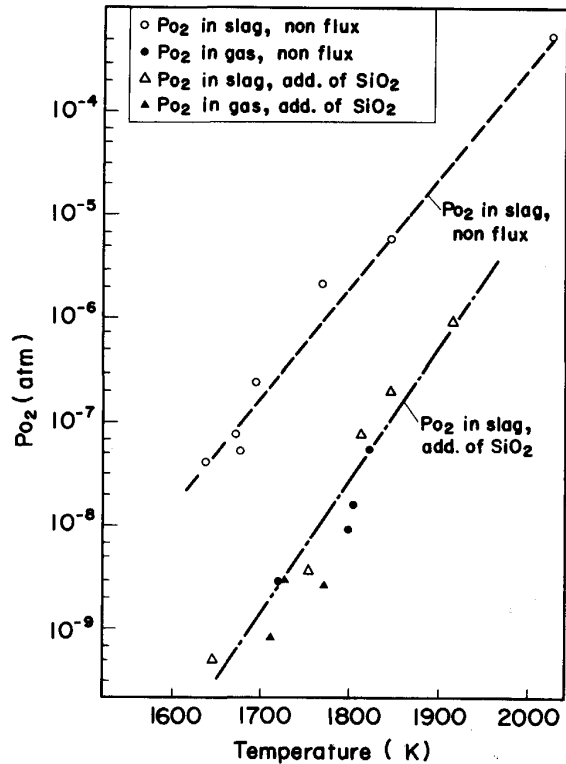


Fig. 15. Relation between P_{O_2} in slag or in gas and metal temperature.

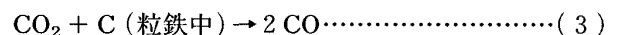
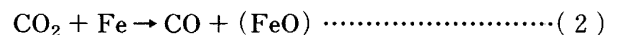
(1) CO₂ の生成反応が少ないか、遅れるため CO₂ 発生量が減少する。

(2) CO₂ の生成量に変わりはないが、CO への還元反応が多いか、加速されるため CO₂ 発生量が減少する。

(1)については、スラグフォーミングが大となると O₂ ジェット噴流への周辺雰囲気からのガス巻込みが減少するか、あるいは O₂ ジェット噴流の周囲への広がりが制限を受け、結果的にハードブローとなり、二次燃焼率が低下したという考え方ができる。

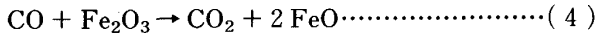
一方、(2)については、次の考え方ができる。

SiO₂ 系フラックス添加の場合には、同一上吹き条件および攪拌条件でも、スラグ中の粒鉄量が多くなる傾向が見出されていた。この粒鉄と雰囲気ガス中の CO₂ の間に次の反応がより多く起こっている可能性がある。



また、本脱炭試験におけるスラグを FeO-Fe₂O₃-

SiO₂-CaO-MgO 系と見なし、沈ら¹⁶⁾の正則溶液モデルを適用し、スラグの a_{FeO} , $a_{\text{FeO}_{1.5}}$ から求めたスラグの P_{O_2} および雰囲気ガスから求めた P_{O_2} と溶鉄温度との関係を図示したのが Fig. 15 である。これより、スラグの P_{O_2} の方が雰囲気ガスの P_{O_2} より高めであり、次式の反応が起こっていると考えられる。



とくに、SiO₂ 系フラックス添加の場合、スラグの P_{O_2} と雰囲気ガスの P_{O_2} が接近しており、スラグのフォーミングにより (4) 式の反応が進んでいる可能性も考えられる。

転炉の脱炭吹錬においてもスラグのフォーミングが二次燃焼率を低下させることが観測されている¹⁷⁾。そのメカニズムについては、上に述べたようないくつかの説明が考えられるが、どれが支配的であるかについて本研究でも明らかにすることができなかった。今後、さらに検討を進める必要があると考える。

6. 結 言

試験脱炭炉における予備処理溶鉄の脱炭実験において、二次燃焼特性に及ぼす少量スラグの影響を調べる目的でフラックスとして CaO 系、CaO-MgO 系、SiO₂ 系の 3 種類を用い、添加量として 3~15 kg/t と変えた実験を行い、次のことがわかった。

(1) 酸素ジェットによる鋼浴へこみ深さ $L \leq 150$ mm の場合、いずれのフラックスの添加でも二次燃焼率の低下する傾向が認められ、とくに SiO₂ 系フラックスでその低下が著しい。

(2) 上と同じ条件のとき、脱炭昇温率 $\Delta T'$ も低下し、SiO₂ 系フラックスで大きく低下する。

(3) スラグ中 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ は二次燃焼率が高くなるほど大きくなる。

(4) SiO₂ 系フラックス添加相当スラグは非常にフォーミングしやすいことを小規模実験で確認した。

(5) 二次燃焼の熱効率に及ぼすフラックス添加の影響については、熱収支解析の結果、SiO₂ 系フラックス添加の場合、スラグフォーミングのため高温排ガスからの溶鉄への伝熱が不良となり、熱効率が低下することがわかった。

(6) スラグフォーミングが大のとき、二次燃焼率が低下するメカニズムとしていくつかの考え方を示したが、どれが支配的であるかは明らかにできなかった。

文 献

- 1) 山本里見, 石川英毅, 桑原正年, 小久保一郎, 中嶋睦生, 小菅俊洋: 鉄と鋼, **69** (1983), p. 611
- 2) 山田健三, 宮下芳雄, 栗山伸二, 中島龍一, 半明正之, 田口喜代美: 鉄と鋼, **66** (1980), A141
- 3) 木村雅保, 松井秀雄, 伊藤修三, 斉藤 忠, 副島利行, 喜多村実: 鉄と鋼, **69** (1983), p. 1893
- 4) 中村康久, 梅沢一誠, 南 昭喜, 松永 久, 山本里見: 鉄と鋼, **72** (1986), p. 434
- 5) 永井 潤, 大森 尚, 山本武美, 橋 林三, 藤山寿郎, 岡野 忍, 小沢三千晴: 鉄と鋼, **67** (1981), S881
- 6) 岡村祥三, 中島英雄, 丸川雄浄, 姉崎正治: 鉄と鋼, **68** (1982), S 192
- 7) 森下 仁, 山田純夫, 馬田 一, 数土文夫: 鉄と鋼, **68** (1982), S 193
- 8) 海老沢勉, 豊田剛治, 田中 久, 石坂 祥, 河井良彦: 鉄と鋼, **68** (1982), S 1033
- 9) 栗山伸二, 小倉英彦, 半明正之, 宮脇芳治, 碓井 務, 山田健三: 鉄と鋼, **68** (1982), S 1036
- 10) 住田守弘, 安藤道英, 中村皓一, 野瀬正照, 中島啓之, 高崎義則: 鉄と鋼, **69** (1983), S 959
- 11) 田中 功, 村上昌三, 佐藤宣雄, 細田秀人, 中嶋睦生, 笹川正智: 鉄と鋼, **70** (1984), S 247
- 12) 西村光彦, 小島政道, 桜田盛勝, 石川英毅, 阿部泰久: 鉄と鋼, **73** (1987), p. 645
- 13) 石川英毅, 斉藤 力, 馬場賢一, 西村光彦, 阿部泰久: 鉄と鋼, **73** (1987), p. 653
- 14) O. KUBASCHEWSKI, E. LL. EVANS, C. B. ALCOCK: Metallurgical thermochemistry (1967) [Pergamon press]
- 15) 原 茂太, 生田昌久, 北村光章, 荻野和己: 鉄と鋼, **69** (1983), p. 1152
- 16) 沈 載東, 萬谷志郎: 鉄と鋼, **67** (1981), p. 1745
- 17) 平居正純, 辻野良二, 向井達夫, 原田俊哉, 大森正直: 鉄と鋼, **73** (1987), p. 1117