

3.2 鋼浴最高凹み深さ  $L$  とスロッピング発生との関係  
 実験結果をさらに定量的に表現する一つの方法として、(3)式あるいは圧力分布測定結果にもとづき、スロッピング発生状況と  $L$  との関係を検討した。結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 より実験条件の範囲内で、単孔ランスについては、酸素流量、ノズル径に無関係に  $L=45\sim 65$  mm の範囲内に安定吹錬領域が存在する。炉回数と共に鋼浴径が増加し、本実験中、鋼浴深さが  $80\sim 110$  mm に変化した。それにもかかわらず安定吹錬領域を与える  $L$  の値は、鋼浴深さ  $L_0$  に無関係にほぼ一定値範囲内にある。従つて単孔ランスの場合、スロッピングの発生を防止する吹錬条件は、 $L/L_0$  よりむしろ  $L$  の値を選定するほうがよいと考えられる。3孔ランスについては、実験結果が明瞭ではないが、 $L=30\sim 35$  mm の範囲内に安定吹錬領域が存在する。

3孔ランスの安定吹錬領域の  $L$  値が単孔ランスより低値であることから、3孔ランスでは鋼浴に対して横方向に作用する噴流の衝撃力が強く、垂直方向への衝撃力すなわち  $L$  が小でも、鋼浴、鋼滓に十分な攪拌を与え、安定吹錬が得られるのではないかと推定される。またスロッピングの防止条件として  $L$  あるいは  $L/L_0$  以外に、鋼浴凹み巾  $D$ 、あるいは  $D/D_0$  ( $D_0$ : 鋼浴径) が、必要条件になることも考えられる。これらの点については、さらに実験を進めて検討を加える予定である。

### 3.3 スロッピングの発生時期

ランス形状、ノズル径、酸素流量に関係なく、ランス高さでスロッピングの発生時期との間には一定の関係が認められた。すなわちランス高さが安定吹錬領域より低い場合は、吹錬前期～中期に、高い場合は吹錬中期～後期にスロッピングが発生する。前者は酸素噴流の衝撃力による溶鋼、溶滓の物理的なねえり、いわゆるスピッチング現象あるいは Si 吹き後の急激な脱炭反応の進行、CO ガスの逸出条件の不良等が原因するものと推定される。ランス高さが高い場合は、鋼浴の攪拌力が弱く、反応におくれを生じ、非平衡状態が急激に解消されたときにスロッピングが発生するという H. RELLERMEYER u. T. KOOTZ<sup>2)</sup> の説が一原因として考えられる。図面は省略したが、終点酸素含有量はランス高さによる差はほとんど認められず、一方終点鋼滓 T. Fe 含有量はランス高さが高い場合は、低い場合に比べて高値を示し、鋼浴-鋼滓間の酸化度の非平衡状態はランス高さが高い場合に強いことを示している。

## 4. 結 言

25 kg 試験転炉でスロッピング発生におよぼすノズル径、酸素流量、ランス高さの影響を単孔、7°3孔ランスについて検討した。結果を総括するとつぎのとおりである。

- 1) 単孔、3孔ランス共に、一定酸素流量に対して、ノズル径、ランス圧を大巾に変化させても、スロッピングの発生しない安定吹錬可能なランス高さの範囲が存在する。
- 2) 酸素流量一定の場合、ノズル径を大にするほど、安定吹錬領域はランス高さを低くする方向に移行する。
- 3) ノズル径一定の場合、酸素流量が増加すると、安定吹錬領域はランス高さを高くする方向に移行する。

4) スロッピング防止条件として、 $L/L_0$  より  $L$  を選定するほうがよいのではないかと考えられるが、これについては鋼浴形状等も考慮して、さらに検討する必要がある。

## 文 献

- 1) 武田: 「純酸素転炉法の研究」(学位論文), (1961)
- 2) H. RELLERMEYER u. T. KOOTZ: Stahl u. Eisen, 74 (1954), p. 381

669.184.244.66 : 669.184.162  
 : 669.184.22 : 669.046.52

## (51) 転炉のスロッピング発生におよぼす造滓材添加の影響

(転炉の吹錬に関する研究—II)

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 田上 豊助・○赤松 経一

池田 隆果・山崎 章

Effect of the Addition of the Fluxing Agent on the Occurrence of Slogging in Basic Oxygen Converter.

(Study on the blowing in basic oxygen converter — II)

Dr. Toyosuke TANOU, Kyōichi AKAMATSU, Takami IKEDA and Akira YAMAZAKI.

## 1. 緒 言

酸素上吹き転炉吹錬において、石灰滓化の促進あるいは生成鋼滓量を調整してスロッピングの発生を防止する目的で、石灰、鉄鉱石の添加方法が検討されている。石灰、鉄鉱石の添加は冷却効果と同時に、滓化、鋼滓酸化度に影響をおよぼし、精錬反応の進行に影響する。さらに鋼滓の組成は、鋼滓のフォーミング(foaming)性質にも関係するので、石灰、鉄鉱石の添加量、添加方法、添加時期は、スロッピングの発生に影響をおよぼすと考えられる。本報では一定の炉形状、吹錬条件下で、石灰、鉄鉱石の添加条件とスロッピングの発生との関係を調査し、スロッピングの発生に対して考察を加えた。以下にその結果を報告する。

## 2. 実験方法

約 1000°C に予熱した 25 kg 試験転炉(第 1 報<sup>1)</sup>参照)に 20 mm 角低炭素鋼スクラップ、高周波溶解した溶銑を装入し、石灰、鉄鉱石の添加量、添加方法、添加時期を変えて吹錬を行ない、スロッピングの発生状況を調査した。必要に応じて、吹錬中に溶鋼分析試料を真空吸上石英採取管(AI線入り)で、鋼滓分析試料を鉄棒にまきつけて採取した。

実験条件はつぎのとおりである。

1. 主原料成分, 主原料配合, 吹錬条件, 鋼浴形状(一定)  
 溶銑目標成分: C 4.3%, Si 0.5%, Mn 0.8%,  
 P 0.18%, S 0.04%  
 スクラップ成分: C 0.12%, Si 0.25%, Mn 0.48%,  
 P 0.012%, S 0.019%  
 主原料装入量: 25 kg, スクラップ比: 6~20%(実績)  
 吹錬ランス: スロート径 3 mm, 単孔ランスノズル,

出口マツハ数 1.5

酸素流量: 330 l/min (13 Nm<sup>3</sup>/min·t), ランス高さ: 130 mm

吹錬時間: 3'48"~5'05" (実績)

鋼浴径: 約 210 mm, 鋼浴深さ: 約 105 mm

2. 石灰, 鉄鉱石の添加量

実炉の作業実績にもとづいて, 造滓材標準配合量を, 石灰 50 kg/t, 鉄鉱石 20 kg/t, 螢石 2.4 kg/t とし, つぎのように石灰, 鉄鉱石の添加量を変え, 吹錬前に全量一括投入して, 実験を行なった.

石灰添加量: 0, 15, 25, 50, 75, 100 kg/t

鉄鉱石添加量: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 kg/t

なお石灰添加量を変更する実験では, 螢石は石灰添加量に応じて, 標準配合量比となるように添加量を増減した. 鉄鉱石の添加は標準配合量 20 kg/t 一定の場合と, 石灰添加量に応じて, 標準配合量比で添加量を増減する場合とについて実験した. 鉄鉱石添加量を変更する実験では, 石灰 50 kg/t, 螢石 2.4 kg/t 一定として実験を行なった.

3. 石灰, 鉄鉱石の添加方法, 添加時期

添加方法: 全量一括投入, 分割投入

添加時期: 全量一括投入の場合は, 吹錬前, 着火後 (30"), Si 吹き終了時 (1'30"), 吹錬中期 (2'30"), 吹錬後期 (3'30") とした. 分割投入の場合は上記時期までに分投量, 分投回数を変えて実験した.

4. 溶銑成分

石灰, 鉄鉱石, 螢石は標準配合量とし, 溶銑 Si 量 0.2~1.0%, 溶銑 P 量 0.1~0.3% に変化させて, 実験した.

3. 実験結果

3.1 石灰, 鉄鉱石の添加量とスロッピング

石灰, 鉄鉱石を全量一括して, 吹錬前に投入した場合その添加量とスロッピング発生状況との関係を Fig. 1 に示す.

石灰添加量が標準配合量 (50 kg/t) より少なくなると, スロッピングが起りやすく, Si 吹き終了後付近の吹錬前期~中期に発生する. 石灰添加量が標準量より増加してもスロッピングは発生しない. 石灰, 鉄鉱石を標準配合量比で, 比例的に増量すると, スロッピングが後期に発生しやすくなる.

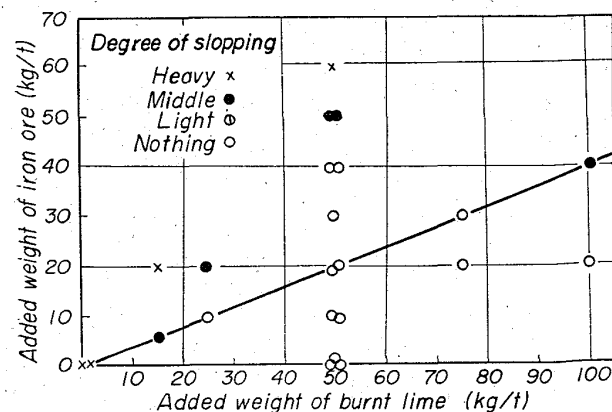
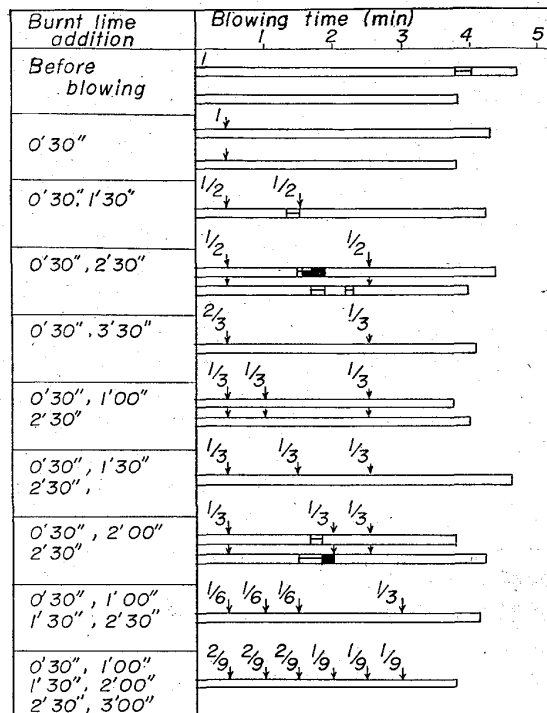


Fig. 1. The influence of the added weight of burnt lime and iron ore on slopping.

鉄鉱石の添加が影響するスロッピングは, 吹錬中期~後期に発生する傾向がある. 鉄鉱石添加量が増加するとスロッピングは起りやすく, その発生時期は早くなる.

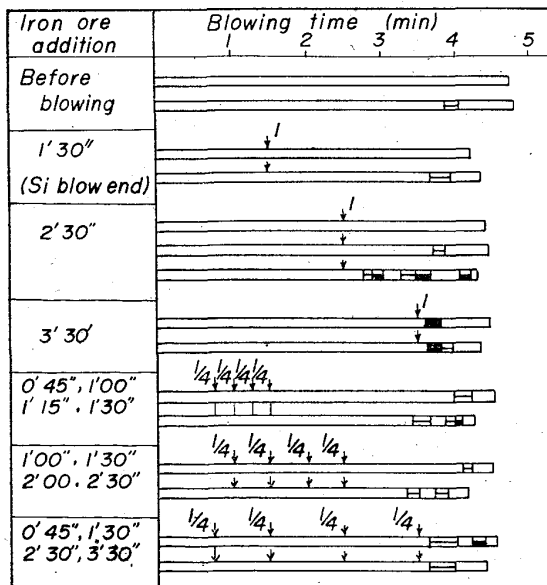
3.2 石灰, 鉄鉱石の添加時期, 添加方法とスロッピング

石灰の添加時期, 添加方法とスロッピング発生状況との関係を Fig. 2 に示す.



Degree of slopping □ Nothing □ Light □ Middle □ Heavy

Fig. 2. The influence of the added time of burnt lime on slopping. (The arrow symbol shows the added time)



Degree of slopping □ Nothing □ Light □ Middle □ Heavy

Fig. 3. The influence of the added time of iron ore on slopping. (The arrow symbol shows the added time)

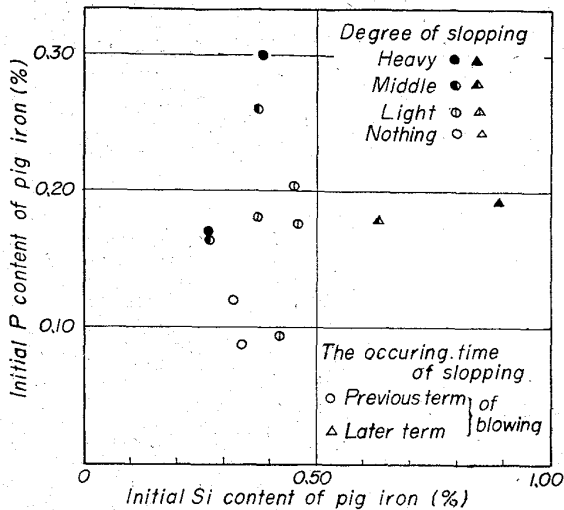


Fig. 4. The influence of initial Si and P content of pig iron on the occurrence of slopping.

石灰の全添加量が同一の場合は、分割投入ではスロッピングが起りやすくなる傾向がある。Si 吹き終了時付近までに、石灰標準添加量の約 2/3 量以上が投入されていると、分割投入でもスロッピングは起らない。

鉄鉱石の添加時期、添加方法とスロッピング発生状況との関係を Fig. 3 に示す。

鉄鉱石を全量一括投入する場合、添加時期がおくれるほどスロッピングは発生しやすく、鉄鉱石添加からスロッピング発生までの時間は短くなる。鉄鉱石を分割投入すると、添加時期がおくれた場合と同様にスロッピングは起りやすくなる。

### 3.3 溶銹 Si, P 含有量とスロッピング

造滓材を標準配合量として、溶銹 Si, P 含有量とスロッピング発生状況との関係を Fig. 4 に示す。

溶銹 Si 含有量が通常の 0.5% 付近より高くなると、スロッピングは発生しやすくなり、その発生時期は吹錬前期～中期である。Si 含有量が高いほどスロッピングの発生程度は大となり、発生時期も早くなる傾向が認められる。この場合のスロッピングは、溶銹 Si 含有量一定のとき、石灰添加量が少ない条件で発生するものと発生時期が一致している。Si 含有量が 0.3% 以下に低くなつても、スロッピングが起りやすくなり、この場合は吹錬後期に発生する。このスロッピングは、P 含有量が低い場合には起りにくくなる傾向が認められる。溶銹 Si 含有量が一定のときは、P 含有量が高くなると共にスロッピングが発生しやすくなり、発生時期は吹錬後期である。図示されていないが、溶銹 Si 含有量に応じて、目標塩基度となるように石灰添加量を変更すると、溶銹 Si 含有量が高いときに発生するスロッピングは起りにくくなる。Si 含有量が低い場合は造滓材標準配合の場合と同様、スロッピングが吹錬後期に発生する。

以上の実験結果から、スロッピングの発生時期の特長別に、造滓材の添加条件、溶銹成分とスロッピング発生との関係をまとめるとつぎのとおりである。

#### 1) 吹錬前期～中期に発生するスロッピング

- i) 石灰添加量が少ない, ii) 溶銹 Si 含有量が高い,
- iii) 石灰の分割投入で、Si 吹き終了時までの添加量が標

準添加量の約 2/3 量以下と少ない、条件すなわち鋼滓塩基度が低い条件で発生する。

#### 2) 吹錬中期～後期に発生するスロッピング

- i) 石灰添加量、溶銹 Si 含有量が少なく、鋼滓量が少ない, ii) 溶銹 P 含有量が高い、条件すなわち鋼滓中  $P_2O_5$  含有量が高い条件および iii) 鉄鉱石添加量が多い, iv) 鉄鉱石の吹錬中追加の条件すなわち鋼滓 T. Fe 含有量が高く、鋼滓酸化度が一時的に高められる条件で発生する。

## 4. 考 察

石灰を吹錬前に全量一括して投入すると、石灰が凝集し、滓化がおくれるので、石灰を分割添加する方法あるいは Si 吹き終了後の脱炭最盛期に鋼滓量が多いとスロッピングの発生傾向が大となるので、滓化を促進する鉄鉱石を分割添加する方法が、実炉操業で検討されている。

本実験では、まず石灰、鉄鉱石の添加量あるいは溶銹 Si, P 含有量を変えて、スロッピングの発生状況の特長を把握し、石灰、鉄鉱石の添加時期、添加方法を検討した。

実験結果から吹錬前期～中期に発生するスロッピングは、鋼滓塩基度が関係し、吹錬中期～後期に発生するスロッピングは、鋼滓量が少なく鋼滓  $P_2O_5$  含有量が高い条件あるいは鋼滓酸化度が高い条件で発生することが判明した。この結果にもとづいて、造滓材が影響するスロッピングについて考察するとつぎのとおりである。

スロッピングの発生には、まず鋼滓のフォーミング性が関係すると考えられる。P. KOZAKEVITCH<sup>2)</sup>, C. F. COOPER & J. A. KITCHENER<sup>3)</sup>は酸性鋼滓ほどフォーミングしやすく、鋼滓表面に  $SiO_2$  が吸着して、フォーミングを安定化し、同時に  $P_2O_5$  が表面の構造に影響してフォーミングの安定剤となると指摘している。T. B. KING<sup>4)</sup>も同様のことを述べ、 $SiO_2$  含有量が高い場合には、 $Fe_2O_3$  もフォーミングの安定剤として作用すると述べている。本実験で、Si 吹き終了後付近の吹錬前期～中期に発生するスロッピングは、石灰の滓化がそれほど進行せず、Si の酸化が完了した条件下で、鋼滓はフォーミングしやすくなり、Si 吹き後脱炭反応の最盛期に入るため、スロッピングが発生すると考えられる。石灰添加量が少なく、溶銹 Si 含有量が高い場合は、鋼浴温度の上昇も早く、Si 吹き終了後の脱炭反応もより急激に進行して、スロッピング発生を誘発することも考えられる。

スロッピングの発生と生成鋼滓量との関係については、吹錬各期の生成鋼滓量が不明であるので明瞭ではない。しかし本実験では、溶銹 Si 含有量が高いとき塩基度一定となるよう石灰添加量を増量すると、吹錬前期～中期発生スロッピングは抑制されている。また石灰、鉄鉱石添加量を減少しても、鋼滓量低下による  $P_2O_5$  含有量の増加に起因すると考えられるスロッピングが助長されている。

鋼滓塩基度の上昇、鋼滓中  $P_2O_5$  含有量の低減の方向として、鋼滓量の増加はスロッピングの発生を防止するのに有効であると推定される。実際操業で、Si 吹き終了後の脱炭最盛期に鋼滓量を減少し、スロッピングを防止する鉄鉱石分割添加は、スロッピングを助長し、逆効果

を示した。

スロッピングの発生と鋼滓酸化度との関係については、鉄鉍石添加量が多いときは、吹錬中鋼滓 T. Fe 含有量は、高いレベルで推移する。また吹錬中に鉄鉍石を添加すると、一時的に鋼滓 T. Fe 含有量が高くなる。この結果鋼浴-鋼滓間の酸化度に非平衡状態を生じ、スロッピングが発生しやすくなると考えられる。スロッピングの発生の化学的原因として、H. RELLERMEYER u. T. KOOTZ<sup>5)</sup> は鋼浴-鋼滓間の酸化度の一時的な非平衡状態が、何らかの原因によつて急激な CO 反応を伴つて解消するときに起こると指摘しているのと関連していると考えられる。

## 5. 結 言

転炉のスロッピングの発生と石灰、鉄鉍石の添加、溶銑 Si, P 含有量との関係はつぎのとおりである。

1) 吹錬前期～中期の発生するスロッピングは、鋼滓塩基度が低い場合に発生しやすい。その発生条件はつぎのとおり。

i) 石灰添加量が少ない, ii) 溶銑 Si 含有量が高い, iii) Si 吹き終了時まで、石灰添加量が標準添加量の約 2/3 量以下の石灰分割投入。

2) 吹錬中期～後期に発生するスロッピングは、鋼滓酸化度が高い場合あるいは鋼滓中  $P_2O_5$  が高いと考えられる場合に発生しやすい。その発生条件はつぎのとおり。

i) 鉄鉍石添加量が多い, ii) 鉄鉍石添加時期がおそい, iii) 石灰添加量少なく、溶銑 Si 含有量が低く、鋼滓量が極端に少ない。

3) 転炉のスロッピングを防止する造滓材添加方法として、

i) Si 吹き終了時まで極力石灰の滓化を促進の、鋼滓塩基度を上昇させる。

ii) 溶銑 Si, P 含有量に応じて石灰添加量を適切に選択し、鋼滓量確保のため、珪砂添加も考慮する。

iii) 石灰分割添加は、Si 吹き終了時まで標準量の約 2/3 量以上を添加する。

iv) 鉄鉍石分割添加は、添加完了時期がおくれないようにする。

のがよいと考えられる。

## 文 献

- 1) 田上, 赤松, 池田, 山崎: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 350
- 2) P. KOZAKEVITCH: Rev. Met., 46 (1949), p. 572
- 3) C. F. COOPER & J. A. KITCHENER: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 193 (1959), p. 48
- 4) T. B. KING: J. Soc. Glass Techn., 35 (1951), p. 241
- 5) H. RELLERMEYER u. T. KOOTZ: Stahl u. Eisen, 74 (1954), p. 381

# 669.184, 244.66: 669.162, 275.1 (52) 転炉操業におよぼす溶銑配合の影響について

日本鋼管, 川崎製鉄所

長 昭二・門間 玄悟  
前田 宏・○木村 成人

On the Influences of Hot Metal Ratio in the LD Process.

Shōji CHŌ, Gengō MONMA,  
Hiroshi MAEDA and Narito KIMURA.

## 1. 結 言

LD 転炉操業におよぼす溶銑配合率の影響は大きく、工場の操業条件に適した配合率を選ぶことは極めて大切なことである。

当所においては、炉容が比較的小型(鉄皮内容積: 100 m<sup>3</sup>)であること、高炭材出鋼比率が高いこと、下注造塊法を採用していることなどの特殊条件があるため、平均溶銑配合率は 85% と高い値を示している。

最近、高炉の定期修理による溶銑不足、および粗鋼減産による溶銑過剰等の影響により溶銑配合率を従来の基準配合率(85%)の上下それぞれ 75%~100% と大巾に変化させた操業を実施したので、この間の経緯について簡単に報告する。

## 2. 操 業 方 法

### 2.1 低溶銑配合

溶銑需給の問題を考慮した上で、Heat Balance 上、最も余裕のある低炭リムド鋼の溶銑配合率を 75% とし、さらに材質上、吹錬上の悪影響をできるだけ少なくする意味で冷銑 10% を加えて、全銑配合率を 85% と従来の溶銑配合率と同一にした。

すなわち、銑バランスを一定とし、熱バランスは冷却剤の減更に必要なときは、Fe-Si の添加により調節することにした。

副原料使用量は、全銑配合量が規程操業と同一であるので同一量を原則とした。

冷銑は屑鉄と同時に装入したが、装入クレーン、装入シュートの能力上 2 シュート装入とした。

### 2.2 高溶銑配合

当工場における溶銑クレーンおよび溶銑鍋の能力は 48 t (溶銑配合率 89%) であり、溶銑の 2 杯どりは作業的に好ましくないので、鋼塊一本分に相当する 7 t/ch の装入減として 47 t/ch 装入とした。

また、従来の経験より高溶銑配合時には吹錬状況が不安定になることが判つているので、適用鋼種は影響の少ないと思われる低炭リムド材を選んだ。

なお、溶銑配合増による過剰熱量の補正は、鉄鉍石を初装入し、熱的に溶銑配合率 85% の基準配合に等しいようにした。

イ) 溶銑配合は Table 1 に示すごとく、90%、95%、100% の 3 水準をとり適宜操業を行なった。

ロ) 溶銑配合増による過剰熱量の補正は、Table 1 に示すごとく鉄鉍石を初装入し、溶銑基準配合の熱バランスに等しい状態として、吹錬を開始した。

ハ) 焼石灰 配合量は溶銑絶対量を現規準と比較し、Table 1 に示すごとく定めた。