

氏 名	西 村 光 彦
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学位授与年月日	平成 5 年 2 月 10 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 42 年 3 月 京都大学大学院工学研究科金属加工学 専攻修士課程修了
学 位 論 文 題 目	予備処理溶銑の試験転炉における二次燃焼特性 に関する基礎的研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 萬谷 志郎 東北大学教授 井口 泰孝 東北大学教授 大森 康男

論 文 内 容 要 旨

本論文は予備処理溶銑に対する最適な転炉吹練条件を設定するための基礎データを提供することを目的としている。スラグの生成量が極端に少ない、スラグレス条件下での10t規模の脱炭実験を通して、いわゆるソフトブローにおける脱炭反応の研究を行なった。とくにCOガスの二次燃焼特性たとえば二次燃焼率、脱炭昇温率への吹練条件の影響についての研究を行なった。本論文は6章で構成されている。

第1章では本研究の位置づけと目的を明かにした。

第2章では浴深/浴径 (L_0/D) が0.5以上のディープバスでの吹練実験が可能な設備を用い、副原料を全く使用しないスラグレス脱炭実験により、スラグレス条件下での溶鉄中〔C〕、〔O〕およびスラグ中酸化鉄の挙動を明かにした。

脱炭酸素効率 η_{O_2} は酸素ジェットによる鋼浴へこみ深さ L の影響が大で、 L が小さいほど、排ガス中の二次燃焼率 $[CO_2 / (CO + CO_2)]$ が大となるため η_{O_2} が低下すること、また、図1のように L_0/D あるいはランス形状によらず、 η_{O_2} と脱炭昇温率 $\Delta T' / \Delta [C]$ は逆比例の関係になることを見出だした。なお、新日鐵・広畑における100t転炉でのスラグレス脱炭実験結果も同図に示すが、同一範囲に入っており、炉容、操業条件の異なる実験結果が同一傾向にあることは昇温機構が同一の現象、つまりCOガスの二次燃焼によると考えられる。つぎに、図2に鉄酸化物の推移を示す。特徴的なことは (T, Fe) は吹練初期高いが中期以降は鋼中のCによる還元により減少する。一方、(Fe³⁺) は吹練後半で高くなっていくことを見出だした。これは気相中の酸素分圧の

影響が大であることと強度塩基度スラグ下で吹練中 (T. Fe) の挙動と連動して $(Fe^{3+})/(Fe^{2+})$ が増加していくことがわかった。なお、脱炭実験に先立ち、10t 規模実験炉と同一寸法の水モデル実験装置によるコールドモデル実験を行ない浴内均一混合時間と L_0/D の関係等の検討を行なった。

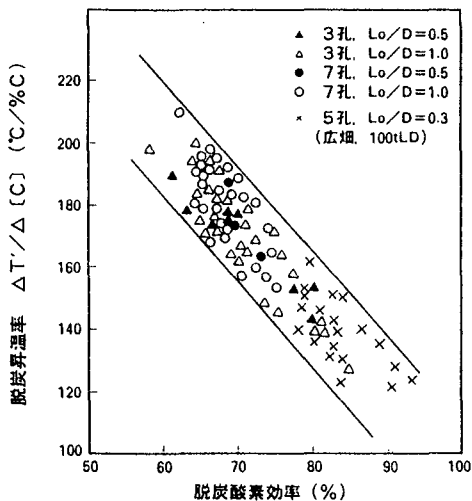


図1 脱炭昇温率と脱炭酸素効率の関係

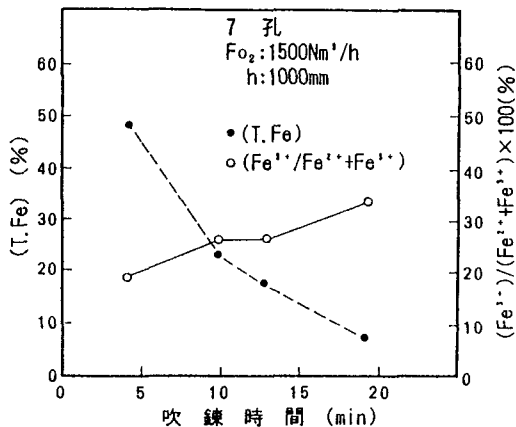


図2 (T. Fe), Fe^{3+} の吹練中の挙動

これにより、均一混合時間は L_0/D が大なるほど短く、底吹きガスの攪はん効果がでることがわかった。以上のデータはスラグレス脱炭吹練における定量的、基本的データとして実操業に応用されている。

第3章ではスラグレス条件下における脱炭実験で、特徴的であった二次燃焼について上吹き条件を大幅に変えた実験、あるいは副ランスを併用した実験を行ない、いわゆるソフトブロー条件での

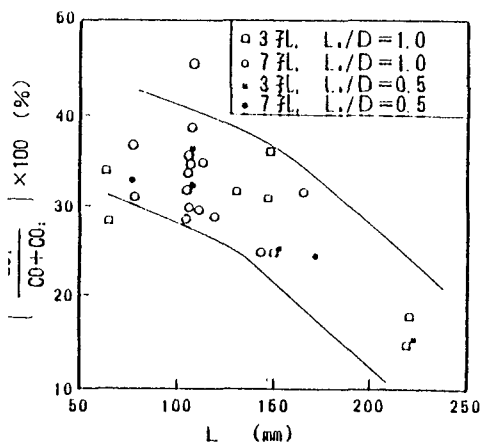


図3 二次燃焼率とLの関係

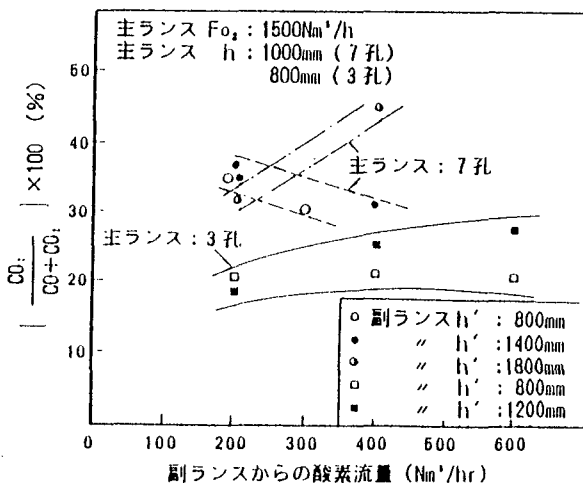


図4 副ランスからの酸素流量と二次燃焼率の関係

二次燃焼特性を明かにした。図3に示すように、上吹き酸素主ランスの二次燃焼特性として、酸素ジェットによる鋼浴へこみ深さ L と二次燃焼率の相関性がよく、 L が小さいほど二次燃焼率は高くなる。上吹き条件を選ぶことにより二次燃焼率40%が得られた。また、脱炭昇温率もこのとき200℃/%Cとなり、二次燃焼の発生熱の熱効率率は平均80%であった。主ランスと副ランスを組合わせた複合ランスによる実験では、図4に示すように主ランスの上吹き条件と副ランスのランス高さにより、副ランスからの酸素流量の増加が二次燃焼の促進につながる場合と逆の場合にわかれた。つまり、COガスの巻き込み量に影響する副ランスからの酸素ジェットの自由噴流流域の増加があるときは、二次燃焼は増加するが、そうでなければ逆に減少することを見出した。

つぎに、二次燃焼について反応速度論的考え方から導いたパラメーター Γ

$$\Gamma = \frac{\sum S_i + \alpha \sum S'_j}{F_{O_2} + F_{O_2'}} \times 3600 \text{ (s/m)}$$

を提示し、このパラメータにより、本実験および通常上底吹き転炉における二次燃焼について、図5に示すように統一的解釈のできることを明らかにした。本知見は実炉での二次燃焼促進技術の基本的指針として活用されている。

第4章では二次燃焼特性に及ぼす少量スラグの影響を把握する目的で、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3~15Kg/tと変えた実験および小規模なスラグフォーミング実験を行なった。

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。上と同じ条件のとき、 $\Delta T / \Delta [C]$ も低下し、SiO₂系フラックス添加で大きく低下する。鋼中[N]に及ぼすフラックス添加の影響としてはSiO₂系フラックス添加により脱窒量 $\Delta [N]$ が大きくなる傾向があることがわかった。一方、SiO₂系

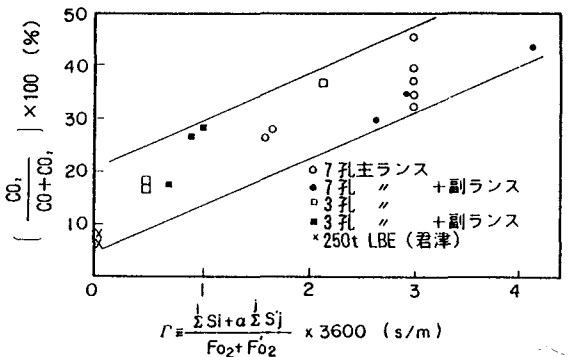


図5 パラメーター Γ と二次燃焼率の関係

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。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、酸素ジェット噴流への周辺雰囲気からのガス巻き込みが減少するという考え方が有力である。本知見である二次燃焼とスラグフォーミングの考え方(スラグフォーミングの二次燃焼特性への悪影響)は実操業で大いに生かされている。

第5章では脱炭実験における物質・熱収支計算によりフラックス添加の影響について、スラグ生成熱を考慮して定量化した。SiO₂系フラックス添加による計算結果でも、二次燃焼率(Rco₂)が低下し、かつ、排ガス温度が高くなっていることがわかった。この現象はCaO系あるいはCaO-

MgO系フラックス添加の場合にはない。二次燃焼の熱効率 (η_H) についても SiO_2 系フラックス添加の場合、図6に示すように著しく低下している。これらはいずれもスラグフォーミングのためと考えられる。

また、炉体耐火物として MgO-C れんがと MgO- Cr_2O_3 れんがおよびそれぞれ MgO-C れんが改良品 (Cの酸化、脱炭防止のため SiC 添加), MgO- Cr_2O_3 れんが改良品 (高温燃成化および Cr_2O_3 添加増) を比較試用した結果、耐溶損性は MgO- Cr_2O_3 れんが改良品が優れているが、価格も考慮すると MgO-C れんが改良品が最も優れていることを見出だした。ここで、使われた物質・熱収支計算解析手法はスラグレス脱炭実操業へも応用できる。また、炉体耐火物について MgO-C れんがは今や転炉耐火物の主流となっているが、さらなる開発、改良が期待されており、本研究の成果が応用されていくであろう。

第6章は結論であり、本研究結果を総括した。

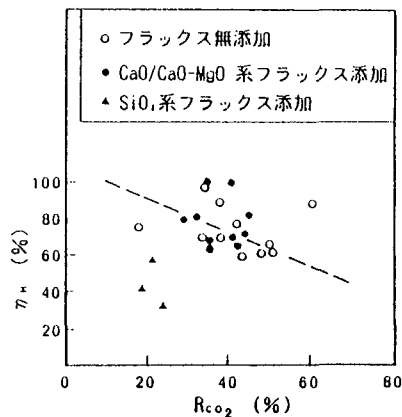


図6 Rco₂と二次燃焼の熱効率 (η_H) 関係

さらなる開発、改良が期待されており、

審査結果の要旨

最近の純酸素転炉製鋼法では、高純度鋼溶製に対する強い要求と生産コストの低減から、原料溶銑中の珪素、りん、硫黄などの不要不純物を予め除去した予備処理溶銑を吹練するスラグレス精練法が一般化しつつある。本研究は10トン容量の上底吹き試験転炉を用いて、予備処理溶銑の転炉吹練における炉内反応特性、二次燃焼率に関係する熱的特性、生成した少量スラグの二次燃焼への影響、及び使用耐火材料の溶損などにつき系統的な研究を行ない、予備処理溶銑の転炉精練における最適吹練条件を示す基礎データを提出したものであり、全編6章よりなる。

第1章は緒論であり、本研究の背景と目的などについて述べている。

第2章では、スラグレス精練における、鋼浴の均一混合時間、浴鋼中の炭素と酸素の反応、スラゲーメタル間の酸素の関係、スラグ中 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比の変化、脱炭酸素効率と脱炭昇温率の関係などについて研究した結果を述べ、スラグレス精練における炉内反応特性を明らかにしている。

第3章では、スラグレス精練における二次燃焼特性について詳細な研究を行った結果を述べている。すなわち、上吹き酸素主ランスからの酸素噴射条件による二次燃焼率の変化、酸素副ランスを併用した場合の影響、更に将来の屑鉄再利用を予想したコークス添加の影響などについて研究した。これらの結果より反応速度論的立場より二次燃焼特性を示す統一的パラメータを提案した。このパラメータは実炉での二次燃焼促進技術の基本指針として広く活用されている。

第4章では、スラグレス精練で生成する少量スラグ（5～15Kgスラグ／1トン溶鋼）の二次燃焼への影響について研究した結果を述べている。 SiO_2 含有量が高くて粘性の大きいスラグでは泡立ち現象が起きて二次燃焼率が低下する。これはスラグフォーミングにより、酸素ジェット噴流への周辺雰囲気からのガス巻き込みが減少するためと考えている。

第5章では、詳細な物質収支と熱収支により種々の吹練条件で行った試験結果について考察し、排ガス温度、脱炭酸素効率、および熱効率に対する二次燃焼率の影響を明らかにしている。更に、これに及ぼすスラグフォーミングの影響、及び使用耐火材料の溶損の問題についても研究した結果を述べている。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、予備処理溶銑の純酸素転炉吹練における炉内反応と熱的問題に関する諸特性を明らかにし、これより予備処理溶銑の最適吹練条件を示す基礎データを提供したものであり、金属工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。