



Title	製鉄プロセスにおける高温海面移動現象ならびにそれに関わる基礎物性に関する研究
Author(s)	清瀬, 明人
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46813">https://hdl.handle.net/11094/46813</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	きよ せ 明 ひと 清 瀬 明 人
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 20319 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 18 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル応用工学専攻
学 位 論 文 名	製鋼プロセスにおける高温界面移動現象ならびにそれに関わる基礎物性に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 田中 敏宏 (副査) 教 授 野城 清 教 授 碓井 建夫 助教授 中里 英樹

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、製鋼プロセス解析のためのプロセスシミュレータを構築するための第 1 段階として、「統合化製鋼プロセス物理化学データベース」の基盤整備に関して、高温界面移動現象のモデル化ならびにそれに必要な基礎物性の評価方法の確立を目指した基礎研究を行った。本論文はこれらの成果をまとめたもので、以下のように要約される。

第 1 章では、本研究の背景、目的および本論文の構成について述べた。

第 2 章では、極低窒素高クロム鋼溶製のための基礎研究として、減圧下において溶鉄の脱窒実験を行い、脱窒速度に及ぼす硫黄濃度およびクロム濃度の影響について検討した。脱窒反応の律速過程は溶鉄表面における化学反応であることを示し、溶鉄表面での化学反応速度定数の硫黄濃度依存性を明らかにした。

第 3 章では、極低炭素鋼の効率的溶製方法の確立に資することを目的として、減圧下における溶鉄表面からの脱炭速度に及ぼす酸素濃度の影響を調査した。総括反応速度定数が酸素濃度に対して最大値をとることを実験的に明らかにし、脱炭反応の律速過程は溶鉄表面に吸着した酸素原子と炭素原子との化学反応であることを示した。

第 4 章では、鋼の連続 casting 中のモールドフラックスの組成変化を理論的に予測し、適正なモールドフラックス組成を設計するため、溶鋼との反応によるモールドフラックスの組成変化に対する数学モデルを構築した。本モデルを高チタン鋼の連続 casting に適用し、実機 casting 中のモールドフラックスの組成変化をよく再現することを示した。

第 5 章では、キャピラリー定数の小さい熔融金属の表面張力を高精度に測定する方法について検討した。表面張力の測定精度は液滴の大きさとキャピラリー定数が大きいほど高いことを明らかにした。大滴法において、大きな液滴形状の計測精度を向上することによって、熔融 Ag、Cu、Fe および Co の表面張力の測定誤差を  $\pm 3\%$  以下にすることに成功し、これらの熔融金属の表面張力の温度依存性に関する情報を得た。

第 6 章では、チタン添加鋼の脱酸・介在物制御の基礎研究として、Ar-10% $H_2$  雰囲気中の 1823 K における熔融 Fe-Ti 合金の表面張力を第 5 章で述べた大滴法により測定した。熔融 Fe-Ti 合金の表面張力はチタン濃度の増加によりわずかに減少することを明らかにした。

第 7 章では、熔融  $SiO_2$ -CaO-MgO- $TiO_2$  系スラグの粘度の  $TiO_2$  濃度依存性を明らかにするために、0 ~ 20 mass%  $TiO_2$  を含有する熔融スラグの粘度を回転円筒法により 1673 K において測定した。本研究の組成領域では  $TiO_2$  は熔融スラグの粘度を減少させることから塩基性酸化物として振舞うことを明らかにするとともに、Urbain らの粘度モ

デルによって溶融  $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO-TiO}_2$  系における本測定値の組成依存性を再現できることも明らかにした。

第8章では、陽イオンと陰イオンの半径の比を考慮しイオン性混合融体の表面張力を評価する熱力学モデルを導出した。アルカリ-ハライドイオン性混合融体、錯イオンを含むイオン性混合融体および溶融  $\text{SiO}_2$  二元系スラグならびに製鋼プロセスにおける溶融スラグの基本系となる種々の3元系スラグの表面張力を本研究で導出したモデルを用いて推算できることを示した。

第9章は結論であり、本研究の内容を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

鉄鋼業における製鋼プロセスでは、より高品質の鋼材製造への厳しい要求に応えるために、各種製鋼反応のより深い理解と精密な制御が求められており、そのためには高温界面反応に対する適切な解析手法の構築とそれに用いる物性値データの整備ならびに推算方法の確立が不可欠である。本研究では、「統合化製鋼プロセス物理化学データベース」の基盤整備を目指して、高温界面移動現象のモデル化ならびにそれに必要な基礎物性の評価方法に関する基礎的検討を行っている。本論文はこれらの成果をまとめたもので、得られた結果は以下の通りである。

(1) 極低窒素高クロム鋼溶製のために減圧下において溶鉄の脱窒実験を行い、脱窒速度に及ぼす硫黄濃度およびクロム濃度の影響について検討し、脱窒反応の律速過程は溶鉄表面における界面化学反応であることを示すとともに、溶鉄表面での界面化学反応速度定数の硫黄濃度依存性を明らかにしている。

(2) 極低炭素鋼の効率的溶製方法の確立を目指して、減圧下における溶鉄表面からの脱炭速度に及ぼす酸素濃度の影響を調査し、総括反応速度定数が酸素濃度に対して最大値をとることを実験的に示している。さらに脱炭反応の律速過程は溶鉄表面に吸着した酸素と炭素との界面化学反応であることを明らかにしている。

(3) 鋼の連続 casting 中のモールドフラックスの組成変化を理論的に予測し、適正なモールドフラックス組成を設計するため、溶鋼との反応によるモールドフラックスの組成変化に対する数学モデルを構築している。本モデルを高チタン鋼の連続 casting に適用し、実機 casting 中のモールドフラックスの組成変化を適切に再現できることを示している。

(4) 溶融金属の表面張力の測定方法について検討し、表面張力の測定精度は液滴が大きく、キャピラリー定数が大きいほど高くなることを明らかにしている。また、大滴法において大きな液滴形状の計測精度を向上させることによって、溶融 Fe、Co、Cu および Ag の表面張力の測定誤差を±3%以下にすることに成功し、これらの溶融金属の表面張力の温度依存性に関する情報を得ている。

(5) チタン添加鋼の脱酸・介在物制御の基礎研究として、Ar-10% $\text{H}_2$  雰囲気中の 1823 K における溶融 Fe-Ti 合金の表面張力を大滴法により測定し、溶融 Fe-Ti 合金の表面張力はチタン濃度の増加によりわずかに減少することを見出している。

(6) 0~20 mass%  $\text{TiO}_2$  を含有する溶融  $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO-TiO}_2$  系スラグの粘度を回転円筒法を用いて 1673 K において測定し、本実験の組成領域では  $\text{TiO}_2$  は溶融スラグの粘度を減少させ、塩基性酸化物として振舞うことを明らかにしている。

(7) 陽イオンと陰イオンの半径比を考慮してイオン性混合融体の表面張力を評価する熱力学モデルを導出し、本モデルを用いてアルカリ-ハライドイオン性混合融体、製鋼プロセスにおける種々の溶融3元系スラグの表面張力を適切に推算できることを示している。

以上のように、本論文は製鋼プロセスにおける高温界面移動現象とそれに関わる基礎物性に関して新たな知見を多数含んでおり、材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。