

Title	高炉操業における溶融スラグの粘度評価
Author(s)	中本, 将嗣; 李, 俊昊; 田中, 敏宏 他
Citation	材料とプロセス : 日本鉄鋼協会講演論文集. 2003, 16(4), p. 1021-1021
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/26423
rights	©日本鉄鋼協会
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

高炉操業における溶融スラグの粘度評価

Evaluation of viscosity of molten slag in blast furnace operation

大阪大学大学院工学研究科 ○中本将嗣 (院生)、李俊昊、田中敏宏、碓井建夫

1. 緒言 「低環境負荷型高炉製鉄システム」の実現に向けて低温化に関する検討は不可欠である¹⁾。その際、関係する種々の物性値の中でも溶融スラグの粘度は温度ならびに含有主成分のひとつである SiO₂ の濃度によってその値が大きく変化するため、温度および組成依存性に関する情報が極めて重要となる。特に岩瀬ら²⁾が指摘しているように、Al₂O₃-CaO-MgO-SiO₂ 系において 1400 °C 以下の融点を有するスラグ組成域 (Fig.1 中の ACMS1, 2, 3 領域) に対する粘度の値は高炉操業の低温化に対する指針を構築する上で重要な情報となる。ACMS1, 2 は低 SiO₂ 濃度側で Al₂O₃ 濃度を増加させることにより生成する低融点の液相領域の組成、ACMS3 は現行のスラグを低融点化するために SiO₂ 濃度を増加させた組成である。そこで本研究では低融点スラグの粘度の情報の蓄積を目的として、Al₂O₃-CaO-FeO-MgO-SiO₂ 系における低融点組成域の粘度の測定ならびに同系における溶融スラグの構造を考慮した粘度推算モデルの導出を行った。

2. 粘度測定 粘度測定には円筒回転型粘度測定装置を使用した。実験試料には試薬の Al₂O₃, CaCO₃, MgO, SiO₂ 粉末を使用し、CaCO₃ を 1273 K で 5h 以上が焼して CaO を作製した後、Fig.1 の ACMS1, 2, 3 の組成になるように混合し Fe りつぼ中、Ar 雰囲気下、1673 °C で予備溶解させた。予備溶解試料を測定用 Fe りつぼに入れ、Ar 雰囲気中にて所定の温度で一定時間保持後測定を開始した。

3. モデルの導出 本モデルは hole theory に基づき、また、粘度に大きな影響を及ぼす網目構造を有する溶融シリケートに陽イオンを添加した際に生成する空孔ならびに非架橋酸素、自由酸素に着目している。Gaye らの熱力学モデル³⁾ を利用し非架橋酸素、自由酸素の存在率を求め、さらに見かけの空孔の大きさ: α_i を考慮して粘度 η の推算モデルを次式のように導出した。

$$\eta = A \cdot \exp\left(\frac{E_v}{RT}\right) \dots (1), \quad E_v = \frac{E}{1 + (\sum \alpha_i \cdot X_i)^{1/2}} \dots (2)$$

ここで、X_i は非架橋酸素、自由酸素に隣接する Si⁴⁺ 以外の陽イオンの存在割合

4. 結果 Fig.2 に測定した粘度の温度依存性を示す。ACMS1, 2 の組成に対する粘度は 1450 °C において炉心内におけるスラグの流動の上限である 0.6~1 Pa·s 以下⁴⁾ であり、特に ACMS2 の組成に対する液体は 1400 °C においてもその流動性を維持している。一方、ACMS3 の組成に対する粘度は高 SiO₂ 濃度のため高い値を示している。さらに上で導出したモデルによる Al₂O₃-CaO-SiO₂ 系の粘度の計算結果(—)を文献値⁵⁾ (●) とともに Fig.3 に示す。本計算結果は酸性領域 (CaO/SiO₂=大) において Al₂O₃ の増加により粘度が低下し、塩基性領域 (CaO/SiO₂=小) において Al₂O₃ の増加により粘度が上昇するという Al₂O₃ の両性挙動を再現している。

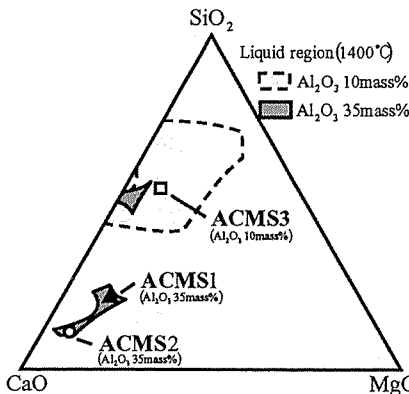


Fig.1 Phase diagram of Al₂O₃-CaO-MgO-SiO₂ system.

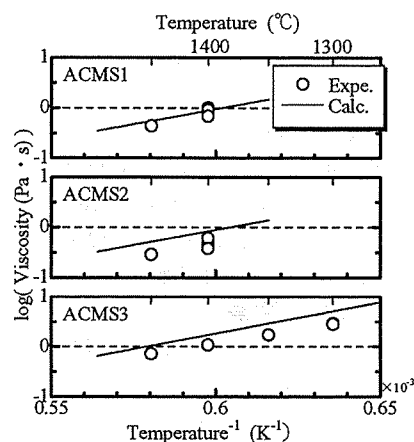


Fig.2 Temperature dependence of viscosity of molten slag.

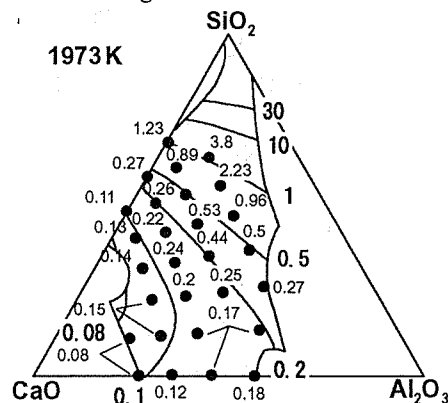


Fig.3 Viscosity (Pa·s) of molten Al₂O₃-CaO-SiO₂ melts.

文献 1) 「エネルギー半減・環境負荷ミニマムを目指した高炉の革新的製鉄反応に関する研究」、研究成果報告書、第7回合同分科会、(2002)。2) 岩瀬正則: 「エネルギー半減・環境負荷ミニマムを目指した高炉の革新的製鉄反応に関する研究」、第3分科会、(2002)。3) H. Gaye & J. Welfringer: Proc. 2nd Int. Symp. Metall. Slags & Fluxes (1984), 357。4) 杉山ら: 鉄と鋼, 73(1987), 2044。5) P. Kozakevitch: Rev. Metall., 57(1960), 149。