

XAFS を用いた材料・プロセス解析～製鉄/製鋼分野の事例紹介

村尾 玲子

新日鐵住金株式会社 先端技術研究所

1.はじめに

近年の鉄鋼産業における材料・プロセス開発では放射光 X 線や中性子を利用した解析技術が欠かせないものになっている。例えば、鉄鋼材料においては機械特性、加工性、耐食性などの特性の向上のため精密な微細組織制御が必要であり、高エネルギー X 線や中性子回折による材料内部の残留応力やひずみの精密解析が行われている。

一方、製鉄・製鋼工程では近年の原材料の高騰によりプロセスの最適化、コストダウンが求められている。これらの工程は高温で固・液・気体が共存する非平衡短時間のプロセスであり、複雑な反応環境にある。そのため、生成物の評価だけではなく、反応過程の解析が重要である。高輝度放射光を利用したその場観察技術は短時間反応を解析するための強力な手段の一つである。本報告では、現在当社で取り組んでいる高温 in situ XAFS を中心とした解析事例を紹介する。

2.カルシウムフェライトの高温還元反応解析^{1,2)}

高炉装入物の 70%以上を占める主要な鉄源である焼結鉄は、比較的粒子サイズの小さい鉄鉱石と石灰石からなる擬似粒子をコークスの燃焼反応により液相焼結することで製造される。融着帯に含まれる Ca-Fe-O 系複合酸化物(カルシウムフェライト)の量や種類は焼結鉄の強度、被還元性などの性能に大きく影響する。従来の評価手法は、焼結鉄そのものの特性評価や組織観察を中心としたものであるが、個々のカルシウムフェライト相の物性を理解し、生成量や組織を制御するためのプロセス設計指針とすることが必要である。

本研究では種々のカルシウムフェライト単相について、900°C、He/H₂雰囲気中で還元しながら quick-XAFS 測定を行い、Fe あるいは Ca の価数や配位構造の時間変化を観察した。得られた XANES スペクトルの吸収強度の時間変化から反応速度を導出した。In situ X 線回折測定による結晶相の定性結果と組み合わせることで、定性および定量的な反応解析が出来る。

3.シリケートスラグ中の陽イオンの価数解析

熔融スラグの粘性や濡れ性はシリケートのネットワーク構造に影響される。含有する陽イオンが SiO₄ ネットワーク構造を置換するのか、分断するのかにより物性が変化する。従来、粘性の指標として、塩基度:CaO/SiO₂(重量比)が用いられているが、実際には Mn、Al など様々な陽イオンが含まれており、それぞれの陽イオンがネットワークフォーマー、モディファイヤーのどちらとして作用するのかを考慮する必要がある。特に両性イオンは組成により異なる挙動を示すため、注意が必要である。XAFS、XANES 解析による陽イオンの価数・配位構造の解析は非晶質にも適用可能な有効な手法である。

[参考文献]

[1] M. Kimura, *et al.*, *Journal of Physics: Conference Series*, **430**, 012074 (2013).

[2] 村尾玲子, *et al.*, *CAMP-ISIJ*, **27**, 519 (2014).