

# 不均一反応場でのプロセス制御 と $\mu$ -XAFS/SAXS への期待

木村正雄

新日本製鐵(株) 先端技術研究所

鉄鋼材料の製造プロセスや、鉄鋼製品が使われる環境での反応では、反応に関係する因子（例えば、化学ポテンシャルや反応系の化学組成）が不均一な環境で進行するものが多い。というより、このような“不均一反応場”を利用することによって、より効率的、選択的に反応を制御し、目的とする機能を有する材料を製造している、と表現する方が正しいかもしれない。こうした“不均一反応場”でのプロセス制御の高度化には、空間的および時間的に分解能を有する観察法での観察が重要となる。そのために我々が取り組んでいる例を紹介し、これからの $\mu$ -XAFS/SAXS への期待を述べたい。

**1. 腐食反応の *in situ* 観察**：腐食反応は、金属表面が液相と接した固液界面で進行する反応である。電子の授受を伴う酸化還元反応と、溶けだした金属イオンと水溶液中の化学種との反応が同時に進行するのが特徴で、代表的な“不均一反応場”での反応である(図 1)。例えば、酸化還元反応に伴う電気化学ポテンシャルは界面方向で不均一であり、水溶液中の化学種の濃度は固液界面からの距離により大きく異なる。こうした反応の理解のために、我々は放射光を用いた固液界面反応の *in situ* 観察に取り組んでおり、興味ある結果を得ている[1; 2]。現状の空間的分解能をさら向上(例えば $\sim 10\mu\text{m}$ )させることにより新たな世界が広がると考えられる。

**2. 酸化物の高温反応観察**：鉄鋼製造過程において高炉の原料となる焼結鉱は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、コークス、等を原料とする焼結プロセスにより製造される。キーとなる反応は、高温で酸化物融液が生じる液相焼結であり、一種の非平衡状態で進行する。そのメカニズム解明には、実際に反応が進行する高温( $\sim 1500\text{ K}$ )短時間(数 10sec.)での構造変化を観察することが必要となり、二次元検出器と放射光を組み合わせた反応観察に取り組んでいる[3]。現状は試料の平均状態であるが、 $10\mu\text{m}$  程度の分解能でイメージング観察できると、そのインパクトは大きい。

**3. 鋼中のナノ析出物の観察**：鋼の高強度化法のひとつとして、マトリックスの鋼中にナノサイズの微細な析出物を分散させる方法がある。析出物のサイズ・形態や分布状態がマクロな機械的特性に大きく関係しており、その制御は非常に重要である。現在は、電子顕微鏡や Atom Probe 法といった *ex situ* の破壊分析法が中心であるが、鋼中の分布形態の“不均一性”を *in situ* 観察することができると、新たな高機能材料の開発に展開できることが期待できる。

## 参考文献

- [1]Kimura, M., Kaneko, M., & Suzuki, T.: J. Synchrotron Rad., 8, 487-489 (2001).
- [2]Kimura, M., Mizoguchi, T., Kihira, H., et al.: Various scale Analyses to Create Functioning Corrosion Products. Berlin, Springer,2006, 245-272p
- [3]Kimura, M., & Takayama, T. (2010). Development of rapid X-ray diffraction system at high temperatures for observation of sintering. Paper presented at the The 160th fall meeting of ISIJ, Sapporo, Japan.

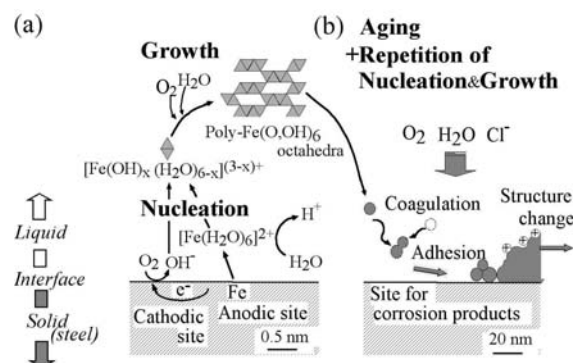


図 1 腐食反応の模式図