

放射光を用いた社会インフラ構造材料の劣質化起点の観察

Finding trigger sites of degradation in structural materials for infrastructures using synchrotron radiation

木村正雄^{1,2}

¹KEK-物質構造科学研究所-放射光、²総研大-高エネ加速器科学研究所

社会インフラを支える構造材料の代表が鉄鋼材料であり、建築、プラント、道路、橋梁をはじめ車、電車等の輸送機器に至るまで広く利用されている。その特性(強度、靱性、耐食性等)が加工熱プロセスや僅かな元素添加により大きく制御できるのが鉄鋼材料の大きな特徴である。そのメカニズムについては、長年の経験や研究の蓄積で理解が進んでいる。しかし、更なる特性の高度化や、原材料の劣質化に対応するために、その基礎メカニズムの解明が必要なプロセスや反応も多く、放射光や中性子を用いた研究も盛んに行われている¹。

そのひとつとして、原料の鉄鋼石から銑鉄を製造する製銑プロセスの基礎現象解明に放射光観察を活用した例をとりあげ、(a)高温(>1200°C)での酸化物の液相焼結反応のその場観察²、(b)焼結鉱(Fe-Ca-O系の複合酸化物)の還元プロセスのX線顕微鏡によりマルチスケール計測と顕微データの応用数学解析³、等を紹介する。

社会インフラを支える構造材料の中で比較的歴史の浅い新材料の例として、航空機用構造材料がある。航空機の燃費向上のために、機体材料の軽量化やエンジンの燃焼温度向上のための耐熱化に対応した構造材料が強く求められている。これら利用経験による蓄積が少ない材料の信頼性向上のためには基礎科学的な裏付けが重要となり、放射光を用いたマルチスケールでの in situ 観察が注目されている。

その取り組み例として、軽量構造材料である繊維強化複合材料(CFRP)、高耐熱性の耐環境性セラミックコーティング(EBC)、について、SIP 国プロ⁴での研究例を紹介する。CFRP のき裂発生と進展⁵、EBC の劣化起点⁶、についてX線顕微鏡や高温 in situ 観察⁷等による基本現象の解明を行い、マクロ特性を劣化させる起点(trigger sites)を解明する挑戦を進めている。

昔から現在に至るまで広く使われている様々な社会インフラ構造材料の研究課題は、工業的に重要であるだけでなく、基礎科学の多くの共通問題を含むものが多く、更に安全・信頼性という社会的意義も大きい。そうした課題の解決に放射光を始めとした量子ビームの貢献を今後も期待したい。

本研究の放射光実験の一部は、PF-PAC の承認(課題番号 2014G707, 2015S2-002, 2016S2-001)のもとで実施された。本研究の一部は内閣府の総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「革新的構造材料」(ユニット D66)(管理法人:JST)の支援により実施した。

[1] M. Kimura, Synch. Rad. News **30**, 23(2017), [2] M. Kimura and R. Muraio, ISIJ Int., **53**, 2047 (2013), [3] M. Kimura et al, Sci. Rep. **8**, 3553 (2018), [4] <http://www.jst.go.jp/sip/k03/sm4i/index.html>, <http://sip-sm4i.kek.jp/>, [5] T. Watanabe et al., Microsc. Microanal. **24**, 432 (2018), [6] Y. Takeichi et al., Microsc. Microanal. **24**, 484 (2018), [7] K. Kimijima et al., Radiat. Phys. Chem. (2019) (submitted).