

構造材料の階層構造 ～微細組織を変数として考えるアプローチ～

木村 正雄、武市 泰男、丹羽 尉博
KEK/物質構造科学研究所

金属系の構造材料の代表例である鉄鋼材料は、結晶構造(fcc-Fe, bcc-Fe, Fe₃C)の異なる結晶粒(サブ μ ～数 10μ m)が、そのスケールに応じて様々な形態・形状(いわゆる“微細組織(microstructure)”)および結晶方位分布を有する階層構造となっている。複合材料系の構造材料では、さらに異なる材料系((a) 繊維強化複合材料(CFRP)、(b)耐環境性セラミックスコーティング(EBC)、(c)耐熱合金)から構成されており、その階層構造はより一層複雑になる(図1)。こうした構造材料のマクロ特性 - 機械的特性や高温での耐熱性、耐環境性 - を制御するためには、マクロ特性を最も支配する階層と、その階層で破壊や劣化の起点となる材料中の実空間の位置 (“trigger sites”) を解明する必要がある。

そのために、従来の電子顕微鏡による微細組織だけでなく、材料中の様々な heterogeneity をマッピング観察することが必要となる。そのため、微細組織だけでなく化学状態も合わせて、さらに三次元、かつ反応の時間変化を観察するアプローチ(代表が X 線顕微法) が近年急速に広がっている。しかしその一方で、空間+エネルギー+時間 (= 5D) の多次元での膨大な測定データの中から、キーとなる階層と実空間での trigger sites を明らかにしていくことは人力では限界がある。欧米の X 線顕微鏡のコミュニティでは、国レベルでそうしたデータを解析するプラットフォームの構築が進んでいる。

我々は顕微法で得られる多次元の微細組織 (heterogeneity) を、材料のマクロ特性を決める一種の変数と考え、応用数学や情報処理の力を借りて、人力に頼らずその関係性を明らかにすることができないかと考えている。その例として、東北大・AIMR の大林、平岡両氏と一緒に進めている「複合酸化物の還元反応における trigger sites」の取り組みを紹介する。さらに、こうしたアプローチが有効と考えられる他の現象(鋼の添加元素設計、腐食)についても話題を提供し、顕微法による実験的手法と情報処理の連携の可能性について議論したい。

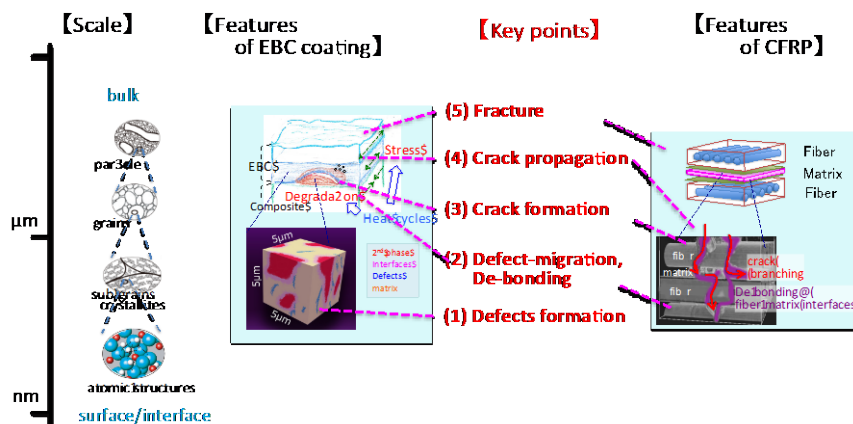


図1 複合材料(耐環境性セラミックスコーティング(EBC)、繊維強化複合材料(CFRP))での階層構造と、マクロの機械的特性に影響を与える各階層での材料学的因子。

謝辞：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」(管理人：JST)、および科研費(15K06517)の支援により実施した。