

ユニットテーマ提案書 新様式 材料学

①テーマ名

過酷環境・非平衡下における材料の適応と  
寿命の科学

②核融合としての課題

核融合炉材料の革新的な長寿命化

③学術的な特徴づけ（何の研究だといえるか）

過酷環境・非平衡下で生じる準安定相と  
自己組織化構造の形成、発達と、物性との

相関を深く理解し、安定な強化・機能因子を活用し増幅することで、過酷環境に耐える、から適応する材料へのパラダイム転換を図る。材料の適応と寿命を支配する根本法則を究めて体系化し、過酷環境下工学システムを革新する長寿命・高機能材料の創製と寿命予測理論の確立を目指す。

④アプローチ（定式化）

核融合炉材料に加え、一般法則を見出すため他分野材料も比較参照し、材料の製造工程で導入した強化・機能因子の安定性、準安定相の形成、自己組織化構造の発達を広範に調査する。温度、応力、濃度場と勾配、そして照射の影響を、相乗効果を含めて明らかにし、機構モデルを構築する。

準安定相と自己組織化構造が数 10 nm～数μm 周期の不均一メゾスケール構造となる場合には、マクロ物性との相関は極めて興味深い新しい課題であるため、実験的、理論的な解明に取り組む。

過酷環境・非平衡下で生き残る、あるいは新たに生まれる強化・機能因子や、自己組織化による準安定構造を増幅するための材料設計を追究し、適応化を実現する。これらの因子や構造の物理的寿命を支配する基礎機構にもとづき、マクロ物性が工学的要求を下回る、材料としての寿命、そして様々な材料と異材界面で構成されるシステムの寿命を理解し、正確に予測する理論を確立する。

⑤学際的展開

狭義の現象論に留まらず、役立つ特性を得る普遍的な機構論、そして特性維持限界を正確に予測できる寿命論を確立するために、材料実験研究だけではなく計算科学やシステム工学の研究も呼び込んで推進、体系化する。そして、過酷環境要素が共通する核融合、原子力、航空宇宙、化学プラント等で一般化し、適応材料工学として発展させる。さらに構造とその多階層システムの外乱に対する応答、復元及び寿命を探究することは、生命科学における恒常性や回復力の研究に通ずる。

⑥独自性、優位性など

核融合環境の特徴は各種急勾配と重照射の重畳であり、過酷環境要素全てを網羅するので、その相乗効果研究を先導できる。非平衡開放系で自己組織化により発達する散逸構造は自然界に広く観察され、それを取り扱う非平衡熱力学の過酷環境への拡張に寄与する。特に固体では系の束縛が絶たれても急冷により構造が保たれる。よって、準安定相や自己組織化の詳細分析が実験的に可能であり、計算科学と対応させることで、より一般化された機構モデルの構築が期待できる。

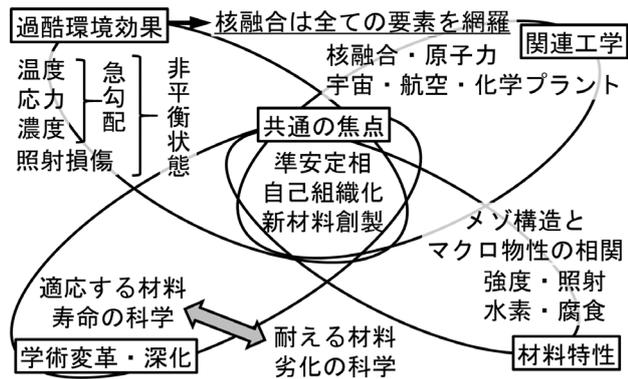


図1 ユニットテーマの焦点