

超高流束と協奏する材料を育む研究ユニット Research unit to raise materials concerting with ultrahigh flux

長坂琢也, 田中照也, 高山定次, 小林 真, 能登裕之, 申 晶潔
Takuya Nagasaka, Teruya Tanaka, Sadatsugu Takayama,
Makoto I. Kobayashi, Hiroyuki Noto, Jingjie Shen

核融合科学研究所
National Institute for Fusion Science

1. はじめに

核融合科学研究所ではプロジェクト制からユニット制への移行について、大学等の参画協力のもと2021年4月より議論を重ねてきた。その結果、超高流束協奏材料ユニットを含む11の研究ユニットが2023年4月に発足する見込みである。本シンポジウムではまず、超高流束協奏材料ユニットに関するこれまでの議論と、核融合環境を含む超高流束場における材料研究の成果について報告する。そして、今後研究を発展させ、様々な分野に研究領域を拡大するとともに有機的につなげ、材料科学としての総括的な理解に如何に導くかについて、材料研究者はもとより、様々な材料を組み合わせ、使いこなすことが求められる核融合炉工学コミュニティ全体での議論につなげることを目的とする。

2. ユニットテーマの概要

大量のエネルギーや物質の流れ、すなわち超高流束を伴う極めて過酷な環境でも、ダメージを受ける一方ではなく、自らの構造を変化させることで超高流束に適応し、協調して音楽を奏でるがごとく、なじむ材料を創ることがユニットの研究テーマである。

図1にユニットテーマの焦点を示す。核融合、原子力、宇宙、航空、化学プラント等で使用される材料は複合的な過酷環境にある。過酷環境では温度、応力、濃度場に急勾配があり、中性子照射下等では照射損傷も加わって超高流束のエネルギーと物質粒子が駆動され、非平衡状態がもたらされる。非平衡状態では非晶質や準安定化合物（準安定相）、そして結晶格子欠陥を含む構成原子集団の自己組織化による準安定周期構造（散逸構造）が見出されている。それらの生成機構と物性への寄与を深く理解し活用すれば、材料自らが安定化して劣化が止まったり、逆にその特性が改善する、いわば適応と呼べる新しい挙動が期待できる。特に、自己

組織化がもたらす不均一な、そして多様なメゾスケール構造と、強度等マクロな材料特性との相関の理解は未だ乏しく、大変興味が湧く新領域の課題である。このメゾ構造—マクロ物性相関の理解にもとづき、過酷環境下、非平衡状態でも安定な強化・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り新材料創製につなげる。一方完璧な適応は困難と考えるのが現実的であり、環境の揺動や損傷の蓄積・質的变化に適応が追いつかなければ材料特性の劣化が進む。劣化の可逆性、不可逆性を理解し制御することで長寿命化が可能となり、さらに寿命を正確に見極め最小限の材料でシステムを維持することで経済性と安全性が両立する。

核融合は全ての過酷環境要素を網羅するので関連工学を先導できる。そこにあって本研究では、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変革する高強度、高機能かつ長寿命材料の創製と寿命予測理論の確立を目指す。

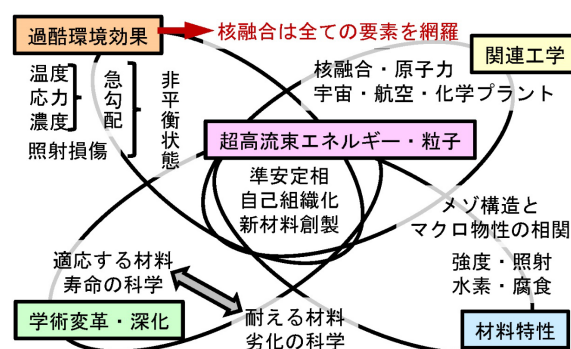


図1 ユニットテーマの焦点

3. まとめ

非平衡下で生まれる準安定相と自己組織化構造を深く理解し活用することで、核融合を始めとする極めて過酷な環境の超高流束と協奏する材料を育む。講演では研究戦略と具体的な重点課題についても議論する。