

重イオンビームやクラスタービームが創り出す固体内励起反応場を利用した物質・材料改質

大阪府立大学 物質・化学専攻 岩瀬彰宏

高エネルギーイオンを固体に照射すると、固体内の局所領域に極めて短時間の電子や格子の高密度励起状態が生ずる。この励起状態は、時間とともに固体内で緩和しエネルギーの低い状態へと移行するが、多くの場合、熱平衡状態(自由エネルギー最低の状態)ではなく、それよりもエネルギーの高い準安定状態へと緩和する。この準安定状態は、熱平衡相図の高温相であったり高圧相であったり、あるいは、熱平衡相図に全く現れない相であったりする。このような、熱平衡状態から大きく離れた状態は、熱処理、加工処理、高圧処理といった今までの材料プロセス法では実現不可能であり、イオンビーム照射による新たな相の発現とそれに付随する新規な機能が期待される。さらに、イオンが複数個まとまったクラスターイオン照射は、1nm以下の距離、あるいは、1f秒以下の時間間隔で、固体内に同時に電子や格子の励起を起こすことができるため、単原子イオンよりさらにエキゾチックな非熱平衡状態の発現の可能性がある。我々は、量研高崎のTIARA加速器(タンデム、シングルエンド、イオン注入器、AVFサイクロトロン)やJAEA東海研のタンデム加速器を用いて、様々なイオン種、幅広いエネルギー範囲での単原子・クラスターイオン照射実験を行ってきた。本セミナーでは、そのうち、重元素セラミックスにおける磁性発現、アルミ合金における照射促進偏析によるナノ析出物生成と表面硬度制御、各種金属間化合物における高温相や相図にない結晶構造の発現と磁性・硬度変化、金属イオン注入によるナノクラスターを内包する透明酸化物を高エネルギー重イオン照射することによる光吸収特性、磁性の制御など、イオン照射に特有な非平衡状態の発現とそれに付随する物性・機能について論ずる。さらに、TIARAタンデム加速器からのAu₂,Au₃クラスター、C₂~C₆₀クラスターイオン照射を行った高分子材料の着色と回復、Si単結晶における欠陥生成、FeRhへの磁性付加など、クラスターイオン照射に特有の現象を見出している。それらについて、単原子イオン照射効果との類似性、相違性を含めて議論したい。