

量子ビーム複合利用による材料照射効果研究

岩瀬 彰宏

若狭湾エネルギー研究センター

イオンや電子、陽電子、ミュオン、中性子といった粒子ビームや、放射光をはじめとする X 線（電磁波）は総じて量子ビームと呼ばれ、材料の構造や物性の分析・評価に多く用いられている。また、粒子ビームは、ターゲットとの相互作用が大きいいため、材料中の電子や格子を高密度に励起し、材料の構造や物性を半永久的に大きく変化させることがある。この現象は、原子力材料や宇宙用半導体デバイスの劣化（照射損傷）をもたらすが、一方で、材料に新しい機能を付加することにも利用できる。我々は、放射光施設や国内外の多くの加速器施設を利用することにより、異なった量子ビームを複合的に組みあわせて、無機材料の結晶構造や物性を変化させたり、それらを、同じく量子ビームを用いて分析・評価する研究を長年行ってきた。このような量子ビーム複合利用による材料照射効果研究のうち、そのいくつかを紹介したい。

JAEA 東海研のタンデム加速器において、異なった 2 種類のイオンを連続して照射することにより、弾性的弾き出しで生成された金属中の格子欠陥が、高密度電子励起によって消滅する現象を発見した[1]。また、軽イオンによる RBS 測定と重イオン照射を交互に行うことにより、高密度電子励起による異種元素界面のミキシング現象をとらえた[2]。米国 ANL 研究所では、重イオンと軽イオンを同時照射し、照射誘起析出現象が、短寿命カスケード損傷によって抑えられるという現象を、RBS 測定により見出した[3]。QST 高崎研 TIARA 加速器では、低エネルギーの金属イオンを注入した SiO₂ の磁性や光吸収特性が、タンデム加速器からの重イオンによる照射で大きく変化することが分かった[4,5]。これらは、異種イオンビームを複合的に利用した材料照射効果研究である。

我々は、粒子ビームと放射光を複合利用する研究も行ってきた。例えば、FeRh 合金をイオン照射することにより、反強磁性から強磁性に磁性変態するが、その詳細を調べるため、結晶構造を EXAFS で、また磁性を XMCD, MCP, PEEM などを用いて評価した[6]。FeRh の照射効果研究では、TIARA 加速器におけるクラスタービームやマイクロビームも活用した。

[1] A. Iwase et al., Phys. Rev. Lett. 58(1987) 2450, J. Phys. Soc. Jpn. 59(1990) 1451.

[2] M. Hayashi et al., Nucl. Instrum. Methods, B314(2013) 176.

[3] A. Iwase et al., Appl. Phys. Lett. 67(1995) 229.

[4] T. Yamada et al., Nanotechnology 31(2020) 455706.

[5] A. Iwase et al., J. Appl. Phys. 132(2022) 163902.

[6] 岩瀬、松井 金属学会報「まてりあ」54（2015）390、および引用文献。