

3. 特別講演

3-1 講演 I

ラジオフォトルミネッセンス材料の開発とその応用

金沢工業大学 バイオ・化学部 応用化学科

准教授 岡田 豪

ラジオフォトルミネッセンス (RPL) とは放射線との相互作用により、物質中に安定な発光中心が生成される現象を指す。生成された発光中心は従来のフォトルミネッセンス (PL) 技術により容易に観測する事ができ、その発光強度は生成された発光中心の数、すなわち積算被ばく線量に比例する (図1) [1]。従って、蛍光体からの発光強度を読み取る事により、積算被ばく線量を見積もる事ができる。このような特性から、RPLを示す蛍光体は個人被ばく線量計 (ガラスバッジと呼ばれる) の放射線検出・記録材料として用いられ、現在、千代田テクノルにより線量モニタリングサービスが展開されている。一方、RPLは実用化実績を持つものの、既存材料が極めて少なく、実用化されている Ag 添加リン酸塩ガラスの他に、LiF および $Al_2O_3:C,Mg$ しか認知されておらず、現象理解や新規応用開拓の隔たりとなっている。

このような背景のなか、我々はこの数年にわたり、積極的な RPL 材料の探索を行ってきており、その結果、これまでに 20 種類を超える新たな RPL 材料の創出に成功した。これら新規 RPL 材料には Sm、Eu および Ag イオンなどの価数変化を利用したものや、格子欠陥の発光によるものが含まれる [2]。例として、Fig.2 に Sm 添加 $BaAlBO_3F_2$ における X 線照射前後の PL スペクトル [3]を示す。未照射試料による PL スペクトルはおよそ 560、600、650 および 700 nm を中心とした発光ピークが確認される。これは Sm^{3+} イオンの典型的な $4f-4f$ 遷移に伴う発光に帰属される。一方、X 線を照射した試料からは加えて約 685、695 および 720 nm を中心とする発光ピークが確認され、これは Sm^{2+} イオンの典型的な $4f-4f$ 遷移に帰属される。このスペクトル変化は、X 線吸収に伴う電離作用により生成された電子の一部が Sm^{3+} に捕獲され、 Sm^{2+} に還元されたことが原因であると考えられる。また、新たな発光中心として Sm^{2+} が X 線により生成された事から、同材料において RPL が発現したという事ができる。

RPL の新たな応用展開先の 1 つとして、マイクロビーム放射線治療が挙げられる。これは、ミクロの空間分布を有する X 線ビームを腫瘍患部に照射する方法であり、従来よりも遥かに高い線量を与える事が特徴である。一方、従来の放射線検出技術では空間分解能やダイナミックレンジの観点から上記 X 線ビームにおける線量分布を正確に計測する事が不可能であった。このような中、我々は新たな RPL 材料を開発し、世界で初めてマイクロビーム放射線治療における X 線ビームの線量分布の計測に成功した。これは新たな材料を開拓する事により得られた成果であり、改めて材料探索の重要性が示されたと言える。

参考文献

- [1] Y. Miyamoto, Y. Takei, H. Nanto, T. Kurobori, A. Konnai, T. Yanagida, A. Yoshikawa, Y. Shimotsuma, M. Sakakura, K. Miura, K. Hirao, Y. Nagashima, T. Yamamoto, *Radiat. Meas.* **46**, 1480-1483 (2011).
- [2] G. Okada, *J. Ceram. Soc. Japan* **129**, 419-424 (2021).
- [3] G. Okada, K. Shinozaki, T. Komatsu, S. Kasap, T. Yanagida, *Radiat. Meas.* **106**, 73-78 (2017).



Fig.1 RPL の例。累積線量に比例して発光強度が増大。

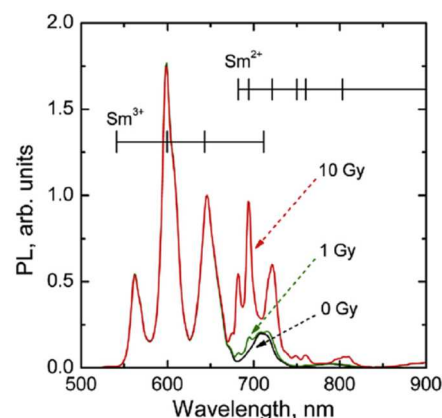


Fig.2 Sm 添加 $BaAlBO_3F_2$ の PL スペクトル (未照射および 1Gy と 10Gy 照射後)