

原子炉化学・放射化学に関する研究

研究総括責任者 大阪大学大学院工学研究科
教授 藤井 俊行

原子炉化学・放射化学に関する研究では、平成 31（令和元）年度は下記の 2 件の研究が実施された。

(1) 中性子照射による体内挙動を可視化させるための寒天ファントム基礎実験

(2) 中性子ラジオグラフィーによる核融合炉ブランケット模擬体の内部観察
以下、総括する。

(1) 中性子照射による人体影響を評価するうえで、その体内挙動分布を、中性子エネルギーごとに視覚的に明確化することは、医療等への応用においても重要な課題である。本研究では、熱中性子に対して高感度な核反応を示すターゲット物質（熱中性子核反応断面積の高い核種）を均一に溶かした寒天培地中に、近大炉の熱中性子を照射し、ターゲット物質の放射化にて誘発された γ 線強度を、イメージングプレート（IP）で測定する、試行実験を行なった。NaCl ターゲット物質の放射化による IP 測定において、種々の条件（照射時間や露光時間等）において検出可能であることが明らかになった。熱中性子分布状態に関する、2 次元的分析への展開が期待される。

(2) 核融合炉発電ブランケットシステムの開発研究について、冷却材候補である熔融塩や液体金属を循環させるループ試験装置を運用して、様々な要素技術の検証実験が進められている。本研究では、ブランケット用冷却材を固化させた試料やステンレス等の金属配管材料等を対象として、近畿大学原子炉照射による中性子ラジオグラフィー像の取得を行った。室温で固化状態の熔融塩 $\text{FLiNaK}(46.5 \text{LiF}-11.5 \text{NaF}-42\text{KF})$ 、液体金属 $\text{LiPb}(15.7\text{Li}-84.3\text{Pb})$ 、ステンレス製真空フランジ等に対するラジオグラフィー像の取得に成功した。この成果から、同分析法が、配管内で固化した冷却材等の分布確認に有効であることが分かった。本研究のように、核融合炉発電の実現に向けて、技術的課題に取り組むことは重要で、今後の研究の進展を期待する。

以上のように、平成 31（令和元）年度は、放射線化学研究 1 件、材料化学研究 1 件が実施され、いずれも着実に成果が得られている。次年度についても、これらの化学研究が進展する事を期待する。

(1) 中性子照射による体内挙動を可視化させるための寒天ファントム 基礎実験

代表者：吉田 茂生(東海大学工学部)

[要約]

中性子は原子核との相互作用において、そのエネルギーに応じて、弾性散乱、非弾性散乱、 (n, γ) 反応の放射捕獲反応、 (n, p) 反応や (n, α) 反応の粒子放出反応、さらに核分裂や核反応と散乱・吸収の反応が大きく異なってくるのが特徴的である。

このように中性子照射による人体影響を評価する上で、人体中の中性子挙動を解析する必要があり、特に中性子エネルギーごとに体内にどのように分布するのかを視覚的に明確化できれば、医療等への応用にも重要な働きを有するものと考えている。これをシミュレーション解析によるものだけではなく、実際の中性子挙動を可視化する手法のアプローチによって、より正確な中性子の人体影響への評価を可能とするものと考えている。

本研究では、熱中性子に対して高感度な核反応を示すターゲット物質(熱中性子核反応断面積の高い物質)を均一に溶かした寒天培地中に、近大炉の熱中性子を照射し、ターゲット物質の放射化にて誘発された γ 線強度を、寒天をIP測定することにより、放射化量の強度分布状態から、熱中性子の分布状態を可視化させる手法の研究を目的として、その可能性並びにそのための条件等を追求するための試行実験を行なった。

(2) 中性子ラジオグラフィーによる核融合炉ブランケット模擬体の内部 観察

代表者：田中 照也(核融合科学研究所)

[要約]

核融合ブランケット開発研究に使用している実験機器内の溶融塩及び液体金属冷却材の存在位置を評価するための手法として、近大炉を用いた中性子イメージング手法の適用性を調べた。中性子用イメージングプレートを用いたラジオグラフィー像の取得では、分厚いステンレス層と重なった位置の溶融塩 FLiNaK 及び液体金属 LiPb 冷却材の分布が観察できていることから、実際の実験機器内の冷却材存在位置の観察に有効に利用できると考えられる。また、将来の分厚い核融合ブランケットモジュール内部の観察への適用性を調べる目的で、高速中性子と閾値反応を用いたラジオグラフィー像の取得を試みた。今回、 FeS_2 塗布板を用い、 $^{32}\text{S}(n, p)^{32}\text{P}$ 反応で生ずる ^{32}P が放出する β 線分布像の取得を試みたが、明確な像の取得にはいたらなかった。放出 β 線のエネルギー総量がイメージングプレートの検出下限を下回っていた可能性があり、より詳細な β 線輸送計算、イメージングプレートの特性の把握、効率的な β 線放出元素の再検討等を進める必要がある。