

名古屋大学工学研究科 エネルギー理工学専攻
エネルギー量子工学講座

エネルギー量子計測工学グループ

富田英生(准教授)、Volker Sonnenschein(助教)、寺林稜平(特任助教)
博士前期課程7名、学部2名(2020年度の実績)

研究分野と研究方針

【概要】

本研究グループは、エネルギー量子を活用したエネルギー分野の計測や環境計測の研究開発と医療・創薬、原子核物理、社会安全などに関連した多様な量子センシング応用に関する教育・研究を行っている。特に、放射線とレーザーを融合した計測技術体系の構築とエネルギー応用に展開することを推し進めており、レーザー共鳴イオン化分光技術の高度化、高感度赤外領域吸収分光を用いた同位体分析技術の開発、多次元放射線計測に基づく非破壊検査技術の高度化等に取り組んでいる。

【キーワード】

量子ビーム、レーザー、同位体分析、質量分析、レーザー分光、キャビティリングダウン分光、共鳴イオン化、光周波数コム、放射線イメージング、コンプトンイメージング、放射性核種、放射性炭素

【主な研究と内容】

(A)先進波長可変レーザーを用いた極微量放射性核種分光・分析法の開発と応用

波長可変レーザーと飛行時間型質量分析器を組み合わせた装置で、共鳴イオン化現象を利用し、特定の極微量核変換生成同位体のみを超高感度・高選択的に検出・分析する計測技術の開発を行っている。特に、用途に応じた独自仕様の波長可変 Ti:Sapphire レーザー光源を設計・試作することで、集束イオンビームによる2次中性原子生成とレーザー共鳴イオン化を組み合わせた同位体マイクロイメージングによる環境中放射性微粒子の動態解明や短寿命放射性核種の原子核構造解明のための高分解能レーザー共鳴イオン化分光に関する種々の共同研究を展開している。

また、数十 cm 長さの光学キャビティの中でレーザー光を超多重反射させることにより数 km 長の光路を実現するキャビティリングダウン吸収分光法に、狭帯域波長可変レーザー光源を使うことで、特定の同位体分子種の濃度を高感度、高選択的、かつ高精度に測定する技術開発を行っている。特に、極微量の放射性炭素同位体 (^{14}C) 分析のための中赤外キャビティリングダウン分光システムの開発に成功し、医薬品開発における薬物動態試験や植物の光合成代謝のトレーサー実験などへ応用する共同研究を進めている。

(B)先進放射線イメージング技術の開発と応用

シンチレータスタックや常温で使用できる化合物半導体検出器(CdTe 等)の積層型多ピクセル放射線検出器を用いて、360 度に感度を有する全方向コンプトンガンマ線イメージングセンサーの開発を行っている。特に、ガンマ線源から放出される特定のガンマ線のエネルギーと入射方向を移動しながら同時に測定することで、そのガンマ線源の位置同定と線源強度を迅速に(オンラインで)評価する独自のデータ解析法を提案しており、原子力事故等緊急時の迅速環境放射線イメージングや核テロセキュリティ((ダーターボム探知等)への応用展開を図っている。

2020 年度の研究・教育の概要

A)先進波長可変レーザーを用いた極微量放射性核種分光・分析法の開発と応用

キャビティリングダウン分光に基づく放射性炭素同位体分析法の生体試料・代謝物試料への適用を目指し、光フィードバック量子カスケードレーザーを用いた高感度化に関する研究を行った。また、トリチウム分析への適用可能性について検討した。共鳴イオン化に基づく微量放射性物質・微量元素の分析を念頭に、共鳴イオン化用回折格子型 Ti:Sapphire レーザーや半導体レーザー直接励起 Ti:Sapphire レーザーの開発を進めた。さらに Ti:Sapphire レーザーの応用として、超流動 He 流れ場測定に向けた He₂ エキシマ蛍光イメージングやラマン分光イメージングの開発を行った。

(B)先進放射線イメージング技術の開発と応用

全方向から飛来するガンマ線源に対して感度を持つ全方向ガンマイメージングと実空間の情報を融合したガンマ線源探知システムの開発を進めた。空間フィルタを適用したガンマイメージングによる統計的ノイズ低減、および、移動中逐次測定によるガンマ線源位置・強度推定を実証した。

【本年度の研究成果発表の概要】

| | 国内会議発表 | 国際会議発表 | 国際会議予稿 | 学術論文 |
|----|--------|--------|--------|------|
| 教員 | 4 | 1 | 0 | 10 |
| 学生 | 12 | 1 | 1 | 0 |

本年度の卒業論文・修士論文・博士論文のタイトル

【卒業論文】

- ・トリチウム分析に向けたキャビティリングダウン分光システムの開発
- ・チタンサファイアレーザーを用いたラマン散乱分光イメージングシステムの開発

【修士論文】

- ・実空間情報と全方向ガンマイメージングを融合した線源探知システムに関する研究
- ・代謝物中 ¹⁴C 分析に向けたキャビティリングダウン分光システムの高感度化

その他・特記事項

- ・富田英生、2020年度日本原子力学会放射線工学部会 部会賞(奨励賞) 受賞、2020年9月16日
- ・みらいぶっく一学問・大学なび、「若手研究が世界を変える」に掲載、「体内の物質移動をラジオアイソトープで分析、医療へ貢献」、<https://www.miraibook-research.net/wakate/s2035/>、2020年8月
- ・奥山 雄貴、2020年秋季 応用物理学会放射線分科会 優秀学生発表賞 受賞、2021年1月12日