

名古屋大学工学研究科 総合エネルギー工学専攻
エネルギー安全工学講座

エネルギー環境計測工学グループ

富田英生(准教授)、Volker Sonnenschein(特任助教)
博士後期課程2名、博士前期課程8名、学部3名(2021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((ダーティーボム探知等)への応用展開を図っている。

2021 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、HPLC と ^{14}C -CRDS を組み合わせた分析システムの開発を行った。また、トリチウム分析のための分光システムの開発に取り組んだ。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、半導体レーザー直接励起 Ti:Sapphire レーザーを用いた高分解能共鳴イオン化分光法の開発や共鳴イオン化用原子源の開発を進めた。さらに超流動 He 流れ場測定に向けた He_2 エキシマ蛍光イメージングや半導体レーザー直接励起 Ti:Sapphire レーザーの実用化に向けた開発を行った。

(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。LiDAR を用いた自己位置推定・環境地図作成の線源探知法への適用や機械学習による検出器移動アルゴリズムの開発を行った。

【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	21	3	1	4
学生	19	3	2	1

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】

- ・加速器で生成された放射性核種のレーザー共鳴イオン化を用いた分離に関する基礎研究
- ・レーザー共鳴イオン化 2 次中性粒子質量分析におけるイオン引き込みに関する研究
- ・キャビティリングダウン分光に基づく多重置換同位体分子分析法の開発

【修士論文】

- ・キャビティリングダウン分光に基づく放射性炭素分析の代謝物測定への応用
- ・半導体直接励起 CW-Ti:Sapphire レーザーを用いた放射性核種の高分解能共鳴イオン化分光に向けた研究
- ・全方向ガンマイメージングに基づく線源探知のための機械学習による検出器移動アルゴリズムの開発
- ・レーザー共鳴イオン化飛行時間質量分析のためのグラフィイト原子源の開発
- ・全方向ガンマイメージングと LiDAR を用いた自己位置推定・環境地図作成に基づく線源探知法の開発

その他・特記事項

[教育活動]

- ・指導する大学院生が以下の3つの受賞をした。
 - M2 奥山 雄貴、第 50 回応用物理学会「講演奨励賞」 2021 年 9 月
 - M1 岩元一輝、第 58 回アイソトープ・放射線研究発表会「若手優秀講演賞」 2021 年 7 月
 - M1 海老秀虎、第 53 回日本原子力学会中部支部研究発表会「中部支部奨励賞」 2021 年 12 月
- ・国際原子力人材育成大学連合ネットワークによる原子力教育基盤整備モデル事業 令和 3 年度 海外研修派遣学生に M2 奥山 雄貴が採択され、国際原子力機構 IAEA でインターンシップ(3ヶ月)を行った。
- ・D1 向篤志が実世界データ循環学リーダー養成プログラム第 7 期正規履修生に採択された。
- ・D1 齊藤圭亮が東海国立大学機構融合フロンティア次世代リサーチャーに採択された。

[研究活動]

- ・JST さきがけ量子生体「個別化医療にむけた光量子による放射性核種分離・分析法の開発」での活動を実施した。
- ・英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 課題解決型廃炉研究プログラム「世界初の同位体分析装置による少量燃料デブリの性状把握分析手法の確立」に再委託機関の代表として参画し、採択された。
- ・放射線工学に関連する一連の学術団体が主催・共催・後援し、学生・若手研究者の教育・人材育成を目指す「次世代放射線シンポジウム」について、運営 WG の代表として活動した。
- ・国際会議 IEEE Nuclear Science Symposium/Medical Imaging Conference 2021 の役員として活動した。

[産学連携・社会活動]

- ・東海広域5大学ベンチャー起業支援(第 5 回)、JST SCORE 大学推進型(拠点都市環境整備型)GAP ファンドプログラムに採択され、研究成果を元にしたベンチャー起業に関する活動を、指導する大学院生とともにいった。

[その他(教育研究支援活動)]

- ・文部科学省 国際原子力人材育成イニシアティブ事業 機関横断的な原子力人材育成事業ネットワーク形成を通じた高専における原子力人材育成の高度化(代表機関 高等専門学校機構)にて名古屋大学の実施担当者として活動した。
- ・国際原子力人材育成大学連合ネットワークによる原子力教育基盤整備モデル事業(大学連合 ATOM)にて委員として活動した。
- ・原子力分野における大学連携ネットワーク (JNEN)にて連携協力推進協議会委員・企画調整分科会委員・共通講座 担当として活動した。
- ・EU Innovative training network “LISA - Laser Ionization and Spectroscopy of Actinides” (MARIE SKŁODOWSKA-CURIE ACTIONS, HORIZON 2020)における名古屋大学(パートナー機関)の代表として活動した。