

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)、向井もも(特任助教)
博士後期課程 2 名、博士前期課程 5 名、学部 2 名 (2023 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

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。

2023 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、トリチウム分析、微量分子分析法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、共鳴イオン化用レーザー光源の開発を進めた。

(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、線源方向推定手法の開発、3次元形状モデルによる散乱・遮蔽評価法の開発を行った。

【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	44	13	0	5
学生	15	4	0	4

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】

- ・トリチウム分析のためのキャビティリングダウン分光法の基礎研究
- ・放射性分子分光のための半導体直接励起 Ti:Sapphire レーザーを用いたキャビティリングダウン分光システムの開発

【修士論文】

- ・ γ ・X 線イメージングにおける3次元形状モデルを用いた遮蔽散乱評価法の開発
- ・外部共振器方量子カスケードレーザーを用いた同位体分子分析法の開発
- ・基本波・第二高調波切り替え型 Ti:Sapphire レーザーを用いた多元素共鳴イオン化質量分析法の開発

【博士論文】

- ・全方向ガンマイメージングと周辺環境地図情報を融合した ガンマ線源探知手法の開発

その他・特記事項

[教育活動]

- ・指導する大学院生が 次世代放射線シンポジウム 2023 にて「日本原子力学会放射線工学部会夏期セミナー優秀研究賞」を受賞した。
- ・指導する大学院生が 国際会議 ISORD-11 にて「Best Student Award 2nd prize」を受賞した。
- ・指導する大学院生が実践データサイエンティスト育成プログラムの履修や、融合フロンティア次世代リサーチャーとして活動することをサポートした。
- ・NUPACE の留学生を2名受け入れた。
- ・NUPACE で在籍したマインツ大の学生の卒業論文副審査委員を務めた。

[研究活動]

- ・JSTCREST 革新光における西澤プロジェクト(代表 名大工 西澤教授)に主たる共同研究者として参画し、レーザー分光による環境計測手法の開発を推進した。
- ・環境学研究科植村先生、阿部先生と環境同位体分析手法の開発に関する共同研究(研費基盤研究 B)を推進した。
- ・科研費学術変革 B「光子対診断治療学の創生」の計画研究として、量子センシングと核医学の融合を目指す研究に取り組んだ(計画共同研究代表)。
- ・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、福島廃炉のための開発を推進した。
- ・放射線工学に関連する一連の学術団体が主催・共催・後援する「次世代放射線シンポジウム」について、組織・運営する WG の代表として学生・若手研究者の教育・人材育成を行なうシンポジウムを開催した。
- ・RIMS ワークショップ(2024 年 3 月、福島大)の現地実行委委員、ISORD-11(漢陽大学、2023 年 7 月)のプロモーション&編集コミッティーメンバー、LISA conference(ルーバン大、2023 年 6 月)の国際アドバイザーコミッティーメンバーを務めた。
- ・応用物理学会 2023 年秋季学術講演会にてシンポジウム「フォトンクスと放射線科学の融合分野の進展」を企画し、世話人を務めた(東大 小西先生と共同)。
- ・量子生命科学ハンドブックに「光量子による放射性核種分析法の開発」を東大 寺林先生と分担して執筆した。

[産学連携・社会活動]

- ・民間2社との共同研究を実施した。
- ・中学校・消防学校における放射線・放射能の理解促進のための出前講義 7 件、WWL に関係した高校生向けのレーザー・光に関する講義・実習1件を実施した。
- ・応用物理学会放射線分科会副幹事長、他など国内学会の役員として国内学術コミュニティの活性化に貢献した。
- ・脱炭素社会創造センターの兼任教員として、脱炭素にむけた計測手法の開発を進めた。
- ・ビジュアル 脱炭素のしくみ 第 1 巻 これからのエネルギーを考えるに「原子力発電」を名大・遠藤先生と分担して執筆した。

[その他(診療活動,教育研究支援活動)]

- 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、マインツ大博士課程学生 1名を受け入れた(研究滞在 1.5 ヶ月)。
- タイ・チュラロンコーン大の学生 1名を受け入れた(研究インターンシップ 2 ヶ月)。