

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 2022年4月末まで在籍)
博士後期課程2名、博士前期課程6名、学部2名(2022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。

2022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、 ^{14}C 分析システムの開発を進めた。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やラマン分光イメージング法の開発、共鳴イオン化用原子源の開発を進めた。

(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	29	10	3	10
学生	18	4	1	2

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】

- ・二次中性原子に対する共鳴イオン化スキーム探査のための基礎実験装置の開発
- ・高精度微量同位体分子分析のためのキャビティリングダウン分光システムの開発

【修士論文】

- ・細胞内薬剤可視化のための半導体直接励起 **Ti:Sa** レーザーを用いた誘導ラマン分光システムの開発
- ・超高感度赤外レーザー吸収分光によるトリチウム分析システムの開発
- ・3次元マルチピクセル型検出器の自己遮蔽プロファイルを用いた γ 線入射方向推定に関する研究

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。

D2 向 篤志、次世代放射線シンポジウム 2022 次世代放射線シンポジウム優秀研究賞 2022 年 8 月
M2 井坪 暁、2022 年エネルギー理工学専攻／総合エネルギー工学専攻 修士中間発表 最優秀発表賞 2022 年 8 月

M2 岩元 一輝、2022 年エネルギー理工学専攻／総合エネルギー工学専攻 修士中間発表 最優秀発表賞 2022 年 8 月

- D2 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 期正規履修生として活動した。
- D2 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として活動した。
- LISA の活動に関連し、を受け入れた。

[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。
- 前年度に採択された NU 部局横断イノベーション創出プロジェクトを発展させた科研費基盤研究 B が採択され、環境同位体分析手法の開発に関する環境学研究科との共同研究を推進した。
- 科研費学術変革 B「光子対診断治療学の創生」が採択され、計画研究代表者として、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。
- 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。
- 国際会議 IEEE Nuclear Science Symposium/Medical Imaging Conference 2021 について、Conference record のゲストエディターとして活動した。
- CREST 革新光「任意制御光コムを用いた革新的環境分光計測技術の開発」(代表名大工 西澤教授)に参画し、レーザー分光による環境計測手法の開発を推進した。

[産学連携・社会活動]

- 民間2社との共同研究を実施した。
- 2つの国際会議のアドバイザーコミッティーメンバーとして活動した。
- 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5件、WWL「Society 5.0 をリードするコンソーシアム TOKAI の構築」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、日本原子力学会放射線工学部会 運営小委員会委員、同位体科学会 評議員、など国内学会の委員として国内学術コミュニティの活性化に貢献した。
- 未来社会創造機構 脱炭素社会創造センターの兼任教員となり、脱炭素にむけた計測手法の開発を進めた。
- 前年度までに JST SCORE などの支援の元で開発したレーザー装置について、JST 外国出願支援に採択され、PCT 出願を行った。

[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、マンチェスター大博士課程学生の研究滞在(1ヶ月)の受け入れ、名大修士課程学生の短期派遣を行った。
- 原子力研究交流制度にてタイ・チュラロンコーン大講師を受け入れた(3ヶ月)。