

電気電子情報工学科

キーワード

パワーレーザー応用技術、レーザー生成プラズマ、レーザーアブレーション、レーザー核融合計測技術



教授/博士（工学）

中井 光男

Mitsuo Nakai

学歴

大阪大学 工学部 電気工学科、大阪大学 大学院 工学研究科 電気工学専攻修士課程、同博士課程修了

経歴

財団法人レーザー技術総合研究所 研究員、大阪大学助手、助教授/准教授、教授、大阪大学名誉教授 / プラズマ・核融合学会理事

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

高出力レーザーの基礎技術と応用に関する解説・技術相談、レーザー生成プラズマ応用（慣性核融合、レーザー駆動量子源、レーザーアブレーション）に関する解説・技術相談

メールアドレス

mitsuo-nakai@fukui-ut.ac.jp



主な研究と特徴

「レーザー駆動量子源の開発」

21世紀は光の時代と呼ばれ、光通信や光コンピューターといった小出力レーザーはもとより、レーザー加工やTHz発生などのハイパワーレーザー応用まで、レーザー応用技術の発展には目覚ましいものがある。ハイパワーのレーザーを集光することによって、これ迄、実現できなかった高密度のエネルギー状態を実現することができる。「高エネルギー密度科学」と呼ばれる新たな学術展開が期待されている。ハイパワーレーザーを用いた「高密度エネルギー状態」の直接的な応用の一つが「レーザー駆動量子（ビーム）源」である。ハイパワーレーザーを物質に照射することによって生成される「プラズマ」は、高エネルギーの電磁波、荷電粒子の極めて高輝度の放射源となり、それ自身、あるいはそれを利用した2次的放射が、応用の対象となる。レーザーによって生成されるプラズマを具に観測することによって、放射源としての高効率化を図ることができる。

文部科学省リーディングプロジェクト(H15-19)では、照射レーザー条件と照射材料を最適化することによって、半導体プロセスに必要な、13.5 nmの極端紫外光の高効率発生に成功し、レーザー駆動EUV光源の産業化に目処を与えることに成功した。

近年、ノーベル賞の対象ともなったチャープパルス増幅法によって極めて高強度のレーザー照射を実現することが可能となった。これにより、高輝度の光速に近い高速の電子ビーム（相対論的電子ビーム）を容易に生成することが可能となった。この高エネルギーの電子ビームを利用することによって、高エネルギーの荷電粒子（陽子や重陽子）ビーム、 γ 線領域の高エネルギー電磁波ビームを発生することができる。科学技術振興機構／研究成果最適展開支援プログラム(JST/A-STEP 2016-2019)「コンパクト中性子源とその産業応用に向けた基盤技術の構築」では、レーザー駆動中性子源の原理実証と適合する観測系を開発することによって産業応用の可能性を示した。現在、システムの効率化と観測機器の改良に取り組んでいる。また、米国ローレンス・リバモア研究所との共同研究では、高エネルギーX線による電子・陽電子生成の比例則を実験的に検証した。本成果は、将来の大型レーザー装置での電子・陽電子プラズマに関する宇宙物理学実験の基礎となるものであるとともに、陽電子を用いた物性研究に新たな高輝度線源を提供するものである。現在、生成された陽電子の捕獲・蓄積システムの開発に取り組んでいる。

「レーザー核融合関連研究」

ハイパワーレーザーを用いて慣性核融合研究では、検証実験において生成される核融合中性子発生のエネルギーや空間分布を測定することが重要である。そのための種々の検出系の開発を行っており、現在は、背景となるガンマ線に低感度の画像検出器の開発に取り組んでいる。また、核融合においては、その燃料の核偏極（核のスピンを揃えること）が効率向上の一助となる。科研費において、偏極保持の新たな手法の提案を行うとともに、ハイパワーレーザーを用いた偏極燃料システムを提案した。現在、所望のレーザーシステムの開発を進めている。

今後の展望

ハイパワーレーザーの利点は、遠隔で、高密度のエネルギーを短時間（パルス様）に局所的に注入することができることである。短時間に高密度のエネルギーを注入することによって、熱伝導損失を抑え、局所的な加熱を容易に実現することが可能となる。

現在、「液中アブレーション」として知られる手法を汚染土壌の放射線除去に応用しようとしている。この場合は、局所的な加熱によって粒子を物理的に破碎するのであるが、化合物を加熱分解することも可能である。例えば、可搬性と蓄積性に優れた化石燃料の代替として、「マグネシウムサイクル」と言うシステムが考えられている。キーとなるのが、酸化マグネシウムの効率的な還元手法なのだが、レーザーによる還元法の開発が進められている。

エネルギーの遠隔輸送という点では、レーザー伝送や宇宙アプリの除去など、今後の宇宙開発に必要な要素技術の開発が大いに期待されており、レーザー推進などにも貢献できればと考えている。

所属学会

一般社団法人電気学会 (2008年～現在)
一般社団法人プラズマ・核融合学会 (1984年～現在)
一般社団法人日本物理学会 (1981年～現在)
一般社団法人レーザー学会 (1988年～現在)
一般社団法人日本原子力学会 (2005年～現在)
アメリカ物理学会 (1998年～現在)

主要論文・著書

「高強度レーザーを用いた光核反応中性子発生」中井光男、有川安信、宇津木卓、西村博明、宮永憲明、罇地宏、Hui Chen、レーザー研究43, 98-102(2015).
「相対論的電子陽電子プラズマ生成実験の現状」中井光男、有川安信、西村博明、Hui Chen、レーザー研究44, 595-601(2016).
M. Utsuro, M. Nakai, 他 5 名, "NMR Spectroscopy for Proof-of-Concept Experimentation on a Polarized Laser Fusion Process" Fusion Science and Technology 78, 513(2022).

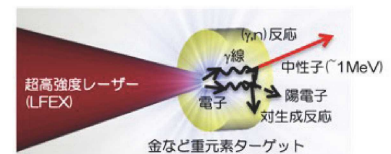


図1.超強度レーザーによる種々の量子生成の様子

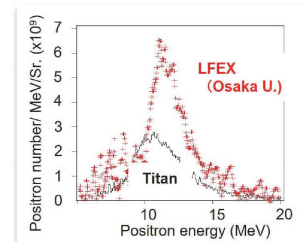


図2.超強度レーザー（LFEX:大阪大学、Titan:米国LLNL）によって生成された陽電子ビームのスペクトル

図3.光核反応X線分光器
光核反応中性子量をバブル検出器で計測します