

令和元年6月26日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06934

研究課題名(和文) 超大出力パルスパワー装置を用いた特異点状態形成・測定による核融合材料の物性研究

研究課題名(英文) Study on Material Property for Nuclear Fusion System by Generation and Measurement at Singularity using Intense Pulsed Power Device

研究代表者

菊池 崇志 (KIKUCHI, Takashi)

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：30375521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：大強度パルスパワー発生装置を用い高密度プラズマ・Warm Dense Matter状態の生成・計測系の構築および測定，計算コードの開発および解析を行った．生成した試料からの発光スペクトル測定は，転送光学系を設計・構築して実現した．本実験系のような高ノイズ環境下で同期の取れた計測は困難であり，計測系の研究開発も行った．試料へ投入するエネルギーを調整するため，電子ビームダイオードによる投入エネルギー制御系を組み込み，試料が目標温度以上に達することを確認した．熱伝導方程式に基づく計算コード開発および実験条件に合わせた数値解析を行い，実験条件を策定する上での注意点等を明らかにした．

研究成果の学術的意義や社会的意義

得られたデータや計算モデルは核融合研究の基盤情報となる．慣性核融合分野では標的の構造や材料の選定に重要な知見となる．炉壁材料の選定にも有益なため，炉工学的にも波及効果があり，核融合発電システム全体の設計にとっても意義がある．

核融合研究のみならず，高圧科学の一種で，部分電離や縮退を考慮した特殊な状況，金属・絶縁体の遷移，導電率や熱などの輸送特性が未解明で，学術的に興味深い問題である．高電圧・大電流・高周波パルス信号を精度良く捉える測定技術の開発も非常に重要な課題であり，得られた知見・技術は他分野へも大いに波及できる，意義のあるテーマを多数抱えている．

研究成果の概要(英文)：Development and measurement for dense plasma and Warm Dense Matter state generation and measurement system using an intense pulsed power generator, development and analysis of a calculation code were performed. The emission spectrum measurement from the generated sample was realized by designing and constructing the transfer optical system. It is difficult to perform synchronized measurement under strong noise environment like this experimental system, and research and development of the measurement system was also conducted. In order to adjust the energy input into the sample, we equipped an input energy control system using an electron beam diode, and confirmed that the sample reached the target temperature or higher. The calculation code development based on the heat conduction equation and the numerical analysis according to the experimental conditions were conducted, and the cautions etc. were clarified for the experimental conditions.

研究分野：核融合学

キーワード：核融合 慣性核融合 Warm Dense Matter パルスパワー 高密度プラズマ 高エネルギー密度科学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

固体からプラズマへ相変化していく段階で物質は必ずそれらの間の領域を通過することになる。この特異な物理領域では、従来の固体物理の理論あるいはプラズマ科学の常識が通用せず、物性が良くわかっていない。この領域は固体からプラズマ発生過程で必ず通過するにもかかわらず、非常に高い圧力条件下であるため、人工的に良く定義された状態で維持し調査することは至難の業であり、これまでの研究では避けられてきた特異点である。

物性科学の観点からは、高圧科学の一種であり、部分電離や縮退を考慮した特殊な状況、金属・絶縁体の遷移、導電率や熱などの輸送特性が未解明で、学術的に興味深い問題である。

慣性核融合方式では、固体の燃料ペレットへ高強度レーザーやイオンビームを照射し、高温・高密度プラズマを形成して核融合反応を起こす。このため、固体からプラズマへ通過する領域・過程の理解が重要である。爆縮過程の挙動・現象解明や標的設計のために、数値シミュレーションを行うことは必須である。しかし、数値シミュレーションを行うためには、固体からプラズマへ変化する領域の状態方程式や熱力学特性、輸送特性などの精度の良いデータ・モデルが必要となる。

米国の大型レーザー装置 (National Ignition Facility : NIF) を用いた点火実証実験が進展し、点火燃焼が見通せる状況になって来ており、本応募課題研究は慣性核融合実現のために緊急かつ欠かせない基盤研究である。

2. 研究の目的

固体からプラズマへ変化する領域では、固体物理の理論やプラズマ科学の常識が通用せず、物性が良くわかっていない。このような高エネルギー密度状態を人工的に良く定義された状況で維持することは困難であり、これまでには研究が避けられてきた特異点である。また、未知のため学術的に興味深いだけでなく、慣性核融合の研究にとって欠かせない情報を含んでいる。

本研究課題では、超大出力パルスパワー発生装置を用いた実験で高密度状態物質を生成・測定・解析し、これまで得られていなかった物性データの収集・新モデルを構築して、慣性核融合爆縮過程のより高度な解析のために資することを目的とする。

3. 研究の方法

パルスパワー放電で体積の大きな高密度状態を作り出すためには、大出力の電源装置が必要である。このため、長岡技術科学大学・極限エネルギー密度工学研究センター設置されている、国内最大級の大強度パルスパワー発生装置 "ETIGO-II" を利用する。本研究課題に合わせた計測を行うため、既存の測定器群へ追加設備を整備し、更新したセットアップで実験を開始する。

生成した高密度状態を分光計測し温度を求める。100ns 程度の極短時間現象のため、ストリークカメラに接続した分光器へ試料からの発光を導く必要があり、計測系を同期させなければならない。このため、試料の発光を光ファイバーケーブルやミラーなどで引き回し、時間稼ぎをして光学計測系の始動準備をする。具体的には、試料からの発光を分光計測系まで運ぶ転送光学系一式を本予算で追加・設備する。転送光学系の設計、必要な光学素子・治具の見積り・設置を行う。新設する転送光学系の動作確認を行い、設計通りの撮影ができるか検証する。次に、模擬負荷あるいは実際の試料を設置し、新設した転送光学系を用いて、同期の取れた所望の時間で分光計測が可能か確認する。得られた計測結果を元に全体の実験構成を見直し、最適化を図る。

整備された構成で実験を行い、データを取得する。調査対象となる試料を用いた実験では、中空円筒で剛体壁を作りプラズマの膨張を制限し密度を固定したデータを取得する。試料としては、気孔率・充填率を調整して容易に調査したい試料密度を変えられるため、発泡金属 (Al, Cu など) を使用する。中空円筒の剛体壁としては、内部に詰めた試料の自発光を外部から見られるようにするため、ガラスやサファイアなどの材質で構築する。試料を内部に詰めた中空円筒を構造的に支え、パルスパワー電源からの放電・通電加熱を実施するための治具・電極を合わせて構成する。また、試料への投入エネルギーを評価するため、高電圧・大電流・極短時間測定を実現するための計測系を準備する。上記の準備は、すでに予備的に実施されているため、これまでに得られた試験結果を元に調整・再設計していく。

実験条件に合わせた計算コードで数値シミュレーションを行い、実験的に得られた結果と突き合わせて比較・検討する。数値シミュレーションでは、従来の物性値モデルを用いて計算を実施するため、本研究で実験的に得られた結果と相違が見られることが予想される。この食い違う点を元に、物理現象の理解や得られた実験データの確認・検証を行う。

4. 研究成果

大強度パルスパワー発生装置を電源とし、通電加熱による高密度プラズマ・Warm Dense Matter 状態の生成・計測系の構築および構築した実験系による測定、さらに数値モデル、計算コードの開発および数値シミュレーションによる解析を行った。

生成した高密度プラズマ・Warm Dense Matter の発光スペクトル測定を行った。パルスパワー技術によって生成した高密度状態を光学計測するため、分光器を接続したストリークカメラの動作を放電のタイミングと同期しなければならない。当初の計画では試料からの発光を光ファイバーケーブルで転送し同期する予定であったが、光ファイバーおよびその接続部での減衰

が大きく、十分な光量が得られない可能性が高くなった。このため、試料からの発光を光ファイバーケーブルではなく、大気中に構築した光学系を通して実現した。ミラーやレンズおよび治具などの光学機器を購入し、新たに転送光学系を設計・構築した。

試料への投入エネルギー評価のため、測定した電圧・電流波形から投入電力を算出し、時間積分することにより、試料へ投入されたエネルギーを見積もっている。本実験系のような高周波・高電圧・大電流・短パルスの高ノイズ環境下で同期の取れた計測は非常に困難であり、専用の計測系の研究開発を含め、設計・製作を行い測定している。設計・製作した抵抗分圧器による電圧計測系を用いて実験を行なったが、さらなる精度の高い計測を目指し、容量分圧器を用いた電圧計測系の試行も行なった。また、電流計測系についても新しく提案されているリニアロゴスキーコイルによる高精度な測定を目指し、回路パラメータの導出や分布定数回路モデルによる回路シミュレーション、設計方法を考案した。

試料の様々な温度状態を作り出すため、試料へ投入するエネルギーを調整する必要がある。電子ビームダイオードを用いた投入エネルギー制御法を提案しているが、本実験構成に組み込み実験を行っている。構築した実験系・計測系を用いて、試料の通電加熱を行い、高密度状態の発生・光学計測を実施した。得られたデータを解析し、試料が目標とする温度(4000K程度)以上に達することを確認した。一方で、再構成した実験系・計測系によってより精度良い測定が可能になったため、試料の初期形状による Warm Dense Matter の生成過程・挙動の違いなど、従来は観測できなかった特異な状況が見られるようになってきている。

熱伝導方程式に基づく定式化による計算モデルでコード開発を行い、実験条件に合わせた試料の加熱・熱拡散を数値シミュレーションにより解析し、実験的には確認できない内部および試料表面付近の温度分布を観測し、試料の密度など実験条件を策定する上で注意すべき点などを明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 15 件)

- (1) Kenji Kashine, Fumihiro Tamura, Takashi Kikuchi, Weihua Jiang, "Development and Characteristics of Pulsed Radiation Source Generated by Electron Beam Irradiation Using Intense Pulsed Power Generator", IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials (査読有) Vol.139, No.10 (2019) 出版予定
- (2) Toru Sasaki, Takumi Ohuchi, Arata Watabe, Satoshi Sugimoto, Kazumasa Takahashi, Takashi Kikuchi, Mayuko Koga, Shinsuke Fujioka, "An Exploding Wire-Compression Method for Evaluating the Electrical Conductivity of Diamond-Like Carbon in a Warm Dense State", IEEE Transactions on Plasma Science (査読有) Vol.47, No.2 (2019) pp.1477-1481.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8611302>
- (3) Yuki UCHIDA, Yui TAKAOKA, Seiki SAITO, Nobuo SAITO, Tsuneo SUZUKI, Kazumasa TAKAHASHI, Toru SASAKI and Takashi KIKUCHI, "Blister Formation on Tungsten Irradiated by 4 MeV Helium Ion Beam in Ordinary Temperature", Plasma and Fusion Research (査読有) Vol.13, 1205084 (2018)
http://www.jspf.or.jp/PFR/PFR_articles/pfr2018/pfr2018_13-1205084.html
DOI: 10.1585/pfr.13.1205084
- (4) Md. Shahed-Uz-ZAMAN, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Nob. Harada, "Electron Behavior in Beam Diode Driven by Intense Pulsed Power Device for Warm Dense Matter State Research of Inertial Confinement Fusion", Energy Procedia (査読有) Vol.131 (2017) pp.348-353
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.460>
- (5) Yuki Uchida, Seiki Saito, Nobuo Saito, Tsuneo Suzuki, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Nob. Harada, "Experiment and measurement with high-energy helium irradiation to tungsten using tandem accelerator for divertor in magnetic confinement fusion system", Energy Procedia (査読有) Vol.131 (2017) pp.359-362
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.474>
- (6) S. Sugimoto, A. Watabe, Y. Sugimoto, S. Kusano, K. Takahashi, T. Sasaki, T. Kikuchi, and Nob. Harada, "Observation of the thermal conductivity of warm dense tungsten plasma generated by a pulsed-power discharge using laser-induced fluorescence", Physics of Plasmas (査読有) Vol.24 (2017) 072703-1 - 072703-5.
<https://doi.org/10.1063/1.4990064>
- (7) T. ITO, R. HAYASHI, T. ISHITANI, Md. Shahed-Uz-ZAMAN, K. KASHINE, K. TAKAHASHI, T. SASAKI, T. KIKUCHI, Nob. HARADA, W. JIANG and A. TOKUCHI, "Input Energy Control using Electron Beam Diode as Impedance Controller to study Warm Dense Matter by Pulsed Power Discharge with Isochoric Heating", Plasma and Fusion Research (査読有) Vol.12 (2017) 1204024.
http://www.jspf.or.jp/PFR/PFR_articles/pfr2017/pfr2017_12-1204024.html
10.1585/pfr.12.1204024
- (8) R. Hayashi, T. Ito, T. Ishitani, F. Tamura, T. Kudo, N. Takakura, K. Kashine, K.

- Takahashi, T. Sasaki, T. Kikuchi, Nob. Harada, W. Jiang and A. Tokuchi, "Input energy measurement toward warm dense matter generation using intense pulsed power generator", Journal of Physics: Conference Series (査読有) 717(1) (2016) 012063
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/717/1/012063>
- (9) T. Sasaki, S. Oyama, Y. Sugimoto, K. Takahashi, T. Kikuchi, N. Harada, H. Nagatomo, S. Fujioka, A. Sunahara, "Magnetohydrodynamic Behavior of Laser Capacitor Target toward Alternative Inertial Confinement Fusion", Journal of Physics: Conference Series (査読有) 717(1) (2016) 012078
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/717/1/012078>
- (10) Ryota Hayashi, Kenji Kashine, Akira Tokuchi, Fumihiro Tamura, Arata Watabe, Takahiro Kudo, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Tsukasa Aso, Nob. Harada and Weihua Jiang, "Estimation on Achievable Parameter Regime of Warm Dense Matter Generated by Isochoric Heating Discharge using Intense Pulsed Power Generator", Journal of Physics: Conference Series (査読有) Vol.688, No.1 (2016) 012028
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/688/1/012028>
- (11) Takashi KIKUCHI, Ryota HAYASHI, Takuya TAKAHASHI, Fumihiro TAMURA, Kazumasa TAKAHASHI, Toru SASAKI, Tsukasa ASO and Nob. HARADA, "Numerical Simulation on Measurement of Optical and Thermal Properties for Warm Dense Matter Generated by Isochoric Heating with Pulsed Power Discharge Device", Journal of Physics: Conference Series (査読有) Vol.688, No.1 (2016) 012047
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/688/1/012047>
- (12) Takuya Takahashi, Yoshimasa Kawaguchi, Takumi Ohuchi, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Tsukasa Aso and Nob. Harada, "Evaluation Method for Thermal Conductivity in Warm Dense Matter by using Ruby Fluorescence Probe", Journal of Physics: Conference Series (査読有) Vol.688, No.1 (2016) 012100
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/688/1/012100>
- (13) Toru Sasaki, Kazumasa Takahashi, Takahiro Kudo, Takashi Kikuchi, Tsukasa Aso, Nob. Harada, Shinsuke Fujioka and Kazuhiko Horioka, "Study on Exploding Wire Compression for Evaluating Electrical Conductivity in Warm-Dense Diamond-Like-Carbon", Journal of Physics: Conference Series (査読有) Vol.688, No.1 (2016) 012102
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/688/1/012102>
- (14) Toru Sasaki, Takumi Ohuchi, Takuya Takahashi, Yoshinari Kawaguchi, Hiroataka Saito, Yasutoshi Miki, Kazumasa Takahashi, Takashi Kikuchi, Tsukasa Aso and Nob. Harada, "Study on AC-DC Electrical Conductivities in Warm Dense Matter Generated by Pulsed-power Discharge with Isochoric Vessel", Journal of Physics: Conference Series (査読有) Vol.688, No.1 (2016) 012103
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/688/1/012103>
- (15) Fumihiro TAMURA, Ryota HAYASHI, Takahiro KUDO, Arata WATABE, Kenji KASHINE, Akira TOKUCHI, Takashi KIKUCHI, Kazumasa TAKAHASHI, Toru SASAKI, Tsukasa ASO, Nob. HARADA and Weihua JIANG, "Concept for Generation of Warm Dense Matter of Insulator due to Flyer Impact Accelerated by Electron Beam Irradiation using Intense Pulsed Power Generator", Journal of Physics: Conference Series, Vol.688, No.1 (2016) 012121
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/688/1/012121>

〔学会発表〕(計 22 件)

- (1)樋口弘宜, 宮本泰成, 石谷暢規, 田村文裕, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 榎根健史, 徳地 明, 江 偉華, 慣性核融合のための大強度パルスパワー発生装置を用いた通電加熱により生成した Warm Dense Matter の電圧・電流計測とその特性, 平成 30 年度核融合科学研究所共同研究形式研究会プログラム「新世代パルスパワー技術で拓くプラズマ・ビーム物理と応用の新展開」2019 年
- (2)本庄勇介, 阪本優也, 樋口弘宜, 中山優佑, 宮本泰成, 田村文裕, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 大強度パルスパワー発生装置を用いた発泡金属の通電加熱過程の熱伝導解析, 第 35 回プラズマ・核融合学会年会, 2018 年
- (3)菊池崇志, 田村文裕, 齋藤誠紀, 榎根健史, 高橋一匡, 佐々木徹, 高専-長岡技科大連携による放電プラズマ・核融合研究, 第 35 回プラズマ・核融合学会年会, 2018 年
- (4)中山優佑, 松谷翔生, 田村文裕, 菊池崇志, 佐々木徹, 高橋一匡, 榎根健史, 江 偉華, 徳地 明, 藤岡慎介, 佐野孝好, 高速点火慣性核融合用材料の Warm Dense Matter 物性評価に向けたサーマルガン・プラズマへの投入エネルギー密度と飛翔体速度の関係, 電気学会 放電/プラズマ・パルスパワー合同研究会, 2018 年
- (5)藤原杏子, 菊池崇志, 佐々木徹, 高橋一匡, 田村文裕, 徳地 明, リニアロゴスキーコイルの特性へのコイルパラメータの影響, 電気学会 放電/プラズマ・パルスパワー合同研究会, 2018 年
- (6) Shingo Kusano, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, and Takashi Kikuchi, Development of

- Measurement System for Thermal and Electrical Conductivities in Warm Dense Matter Toward Physical Properties in Fusion Materials ,The 7th International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN 2018)(国際学会)2018年
- (7) Yusuke Nakayama, Matsuya Syoui, Fumihiro Tamura, Takashi Kikuchi, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Kenji Kashine, Weihua Jiang, and Akira Tokuchi, Flyer Acceleration by Electro-Thermal Gun Toward Warm Dense Matter Generation for Inertial Confinement Fusion with Fast Ignition, The 7th International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN 2018)(国際学会)2018年
- (8) Kyoko Fujiwara, Takashi Kikuchi, Toru Sasaki, Kazumasa Takahashi, Fumihiro Tamura, Akira Tokuchi, Numerical modeling and simulation for linear Rogowski coil in lumped and distributed circuits, The 37th JSST Annual International Conference on Simulation Technology(国際学会)2018年
- (9) SASAKI Toru, KUSANO Shingo, TAKAHASHI Kazumasa, KIKUCHI Takashi, Thermal conductivity measurement for warm dense matter using laser induced fluorescence and isochoric pulsed power discharge, 7th Euro-Asian Pulsed Power Conference and 22nd International Conference on High-Power Particle Beams (EAPPC & BEAMS2018)(国際学会)2018年
- (10) Yusuke Nakayama, Matsuya Syoui, Fumihiro Tamura, Takashi Kikuchi, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Kenji Kashine, Weihua Jiang, Akira Tokuchi, Shinsuke Fujioka, Takayoshi Sano, Measurement of Flyer Accelerated by Electro-Thermal Gun Toward Warm Dense Matter Generation of Guiding Cone Material for Inertial Confinement Fusion with Fast Ignition, International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (HIF2018)(国際学会)2018年
- (11) 樋口弘宜, 宮本泰成, 石谷暢規, 田村文裕, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 櫻根健史, 徳地 明, 江 偉華, 大強度パルスパワー発生装置による通電加熱を用いた爆縮時間スケールでの Warm Dense Matter の生成と導電率計測, 第 12 回核融合エネルギー連合講演会, 2018年
- (12) 菊池崇志, パルスパワーの核融合・高エネルギー密度科学研究のこれまでとこれから, 電気学会全国大会(招待講演)2018年
- (13) Md. Shahed-Uz-ZAMAN, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Numerical modeling of electron beam diode as impedance controller for warm dense matter generation using intense pulsed power device, 平成 29 年度核融合科学研究所共同研究形式研究会プログラム「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」2017年
- (14) Y. Nakayama, F. Tamura, T. Kikuchi, K. Takahashi, T. Sasaki, K. Kashine, W. Jiang, A. Tokuchi, S. Fujioka, T. Sano, Temperature Measurement of Thermal Gun Plasma Toward Warm Dense Matter Generation of Guiding Cone Material for Inertial Confinement Fusion with Fast Ignition, The 10th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-10)(国際学会)2017年
- (15) 石谷暢規, 樋口弘宜, 菊池崇志, 佐々木徹, 高橋一匡, 櫻根健史, 江 偉華, 徳地 明, 慣性核融合爆縮のための Warm Dense Matter の物性評価に向けたパルス通電加熱による金属試料の温度と内部エネルギーの同時計測, Plasma Conference 2017 (PLASMA2017)(国際学会)2017年
- (16) 中山優佑, 田村文裕, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 櫻根健史, 江 偉華, 徳地 明, 藤岡慎介, 佐野孝好, 高速点火慣性核融合用ガイディングコーン材料の Warm Dense Matter 生成のためのサーマルガン・プラズマ測定系の構築, Plasma Conference 2017 (PLASMA2017)(国際学会)2017年
- (17) Fumihiro Tamura, Yusuke Nakayama, Kenji Kashine, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Weihua Jiang, Akira Tokuchi, Takayoshi Sano, Shinsuke Fujioka, Velocity measurement of flyer accelerated using intense pulsed power generator for warm dense matter generation by flyer impact, The 10th International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA 2017)(国際学会)2017年
- (18) 高倉直人, 田村文裕, 中山優佑, 末永祐磨, 櫻根健史, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 原田信弘, 江 偉華, 徳地 明, 古賀麻由子, 佐野孝好, 藤岡慎介, 高密度 Diamond-Like-Carbon 生成のためのパルス大強度電子ビームで加速された飛翔体速度 計測系の構築, 第 11 回 核融合エネルギー連合講演会, 2016年
- (19) 石谷暢規, 林 亮太, 伊藤友章, 末永祐磨, 櫻根健史, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 原田信弘, 江 偉華, 徳地 明, 大強度パルスパワー発生装置を用いた爆縮時間スケールでの発泡金属試料の Warm Dense Matter 生成及び比熱計測系の構築, 第 11 回核融合エネルギー連合講演会, 2016年
- (20) Fumihiro Tamura, Naoto Takakura, Yusuke Nakayama, Kenji Kashine, Akira Tokuchi, Takashi Kikuchi, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Nob. Harada, Weihua Jiang, Shinsuke Fujioka, Takayoshi Sano, Design of velocity measurement system to generate warm dense matter of insulator by flyer impact, 21ST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HEAVY ION INERTIAL FUSION (HIF2016)(国際学会), 2016年

- (21)林 亮太, 伊藤友章, 石谷暢規, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 原田信弘, 榎根健史, 徳地 明, 江 偉華, 慣性核融合の爆縮時間スケールでの Warm Dense Matter の分光計測による温度評価の検討, 電気学会 A 部門大会, 2016 年
- (22)林 亮太, 伊藤友章, 石谷暢規, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 原田信弘, 江 偉華, 榎根健史, 徳地 明, 慣性核融合燃料標的設計のための爆縮時間スケールでの Warm Dense Matter 生成と比熱計測系の構築, 平成 28 年度核融合科学研究所研究会「パルスパワー技術とプラズマ応用研究の最新動向」, 2017 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

- (1)市民大学講師, 基礎からの核融合発電, まちなか大学, まちなかキャンパス長岡, 2017 年 6 月 14 日

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 榎根 健史

ローマ字氏名: KASHINE, Kenji

所属研究機関名: 鹿児島工業高等専門学校

部局名: 電気電子工学科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 60332110

研究分担者氏名: 田村 文裕

ローマ字氏名: TAMURA, Fumihito

所属研究機関名: 長岡工業高等専門学校

部局名: 電気電子システム工学科

職名: 助教

研究者番号(8桁): 10804693

(2)研究協力者

研究協力者氏名:

ローマ字氏名:

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。