

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03689

研究課題名(和文)電子ビーム入射と電子バーンスタイン波加熱による球状トカマクの複合無誘導立ち上げ

研究課題名(英文) Non-inductive start-up of spherical tokamak by combination of electron beam injection and electron Bernstein heating

研究代表者

田中 仁 (Tanaka, Hitoshi)

京都大学・エネルギー科学研究科・教授

研究者番号：90183863

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,400,000円

研究成果の概要(和文)：電子バーンスタイン波による電子サイクロトロン加熱・電流駆動によって無誘導で生成した球状トカマクプラズマに、エネルギー100~600eV、電流~800Aの電子ビームを入射することにより、遮断密度の30倍を超えるオーバードンス球状トカマクプラズマを生成することができた。電子密度が遮断密度の20倍程度の時間帯では、電子密度分布、プラズマ発光像、軟X線信号などの観測より、電子サイクロトロン共鳴層近傍のプラズマ中心付近での加熱が示された。一方、プラズマ電流の顕著な増加は観測されなかった。原因の一つとしては、トカマク平衡を維持するための垂直磁場のフィードバック制御を行っていなかったためと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子バーンスタイン波による電子サイクロトロン加熱・電流駆動と電子ビーム入射を組み合わせた無誘導球状トカマク形成実験を世界で初めて行い、遮断密度の30倍を超えるオーバードンスプラズマの生成に成功した。詳しい物理解明はこれからではあるが、原理的に両者の複合により高密度の球状トカマクを生成できることが示されたので、中心ソレノイドコイル無しで中性粒子ビーム入射加熱が行えるターゲットプラズマを作り、そこから燃焼プラズマに至るといふ、将来の低コストな核融合炉心形成のシナリオを示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Electron beam injection (EBI) to spherical tokamak (ST) plasmas which are non-inductively produced by electron Bernstein wave (EBW) has been carried out for the first time in LATE. When an electron beam with energy of 100 ~ 600 eV and current up to 800 A is injected, the electron density increases to more than 30 times the plasma cutoff density and is maintained by EBW and EBI. When the density increase is mild (~20 times the plasma cutoff density) at the early stage in EBI, the electron density profile, plasma images taken by a fast CCD camera and soft X-ray signals show the significant core heating around the electron cyclotron resonance layer. On the other hand, significant increment of plasma current is not observed. It may be partly because the feedback control of vertical magnetic field is not performed to maintain the tokamak equilibrium.

研究分野：プラズマ理工学

キーワード：球状トカマク 無誘導立ち上げ 電子ビーム入射 電子バーンスタイン波 電子サイクロトロン加熱・電流駆動

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 球状トカマク (ST) 炉は高 β 運転が可能のため、従来型トカマク炉に比べて低い磁場でコンパクトな炉設計がなされている。しかし、そのコンパクト炉心実現のためにはセンターポスト径を小さくする必要があり、中心ソレノイドコイルを無くす、あるいは極力小さくする必要がある。そのため、中心ソレノイドコイルに頼らない無誘導方式によるプラズマの起動とトロイダル電流の立ち上げが必須となる。しかし、現在、まだ実用的な方式は確立されておらず、喫緊の課題となっている。

(2) ミリ波を用いた電子サイクロトロン (EC) 加熱電流駆動 (ECH/ECCD) は、入射システムをプラズマから離れた位置に置くことができ、炉工学的にみて大変魅力的である。更に、電磁波モードでは侵入できない ST のようなオーバードンスプラズマでも電子バーンスタイン (EB) 波にモード変換すれば密度限界無くプラズマ中心部まで電力を送り込み ECH/ECCD が可能となる。

(3) しかしながら、現在までに実験的に得られている電流駆動効率ほかの無誘導方式 (低域混成波電流駆動、高調波速波電流駆動、プラズマ合体、ヘリシティ入射、など) と比較すると決して高くなく、高価な大電力ミリ波源を必要とし、コスト面で不利である。

ここで、ECH/ECCD は EC 共鳴条件を満たす共鳴電子を選択的に加熱するので、大量の共鳴電子を電子ビーム入射 (EBI) により注入すれば、効率の向上が期待される。また、EBI に伴う局所ヘリシティ入射 (LHI) も同時に起こるので、両者の複合電流駆動が考えられる。更に、EB 波を用いれば ECH/ECCD に密度上限は無く、より高電流、高密度、高温度の無誘導立ち上げが可能となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、EB 波によって無誘導で形成された ST プラズマに電子ビームを入射して、これまで得られなかった高電流、高密度、高温度の ST プラズマを形成すること、そして、EB 波による ECH/ECCD と EBI による LHI の複合加熱・電流駆動過程の解明を行うことである。

3. 研究の方法

(1) 本研究は大半径 25 cm の小型トロイダル装置である LATE 装置を用いて行う。LATE 装置には中心ソレノイドコイルが無いが、2.45 GHz、20 kW、2 sec のマイクロ波を発振できるマグネトロン 3 台を用いて、ECH/ECCD により、プラズマ電流を無誘導で立ち上げ、球状トカマクプラズマを生成する。2.45 GHz のマイクロ波の遮断密度は $7.4 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ であるが、入射マイクロ波の偏波を 0 モードにし、磁場に斜めに入射することにより、OXB モード変換方式により EB 波を励起し、約 60 kW のマイクロ波入射により遮断密度の 7 倍を超えるオーバードンスプラズマを生成できる。EB 波へのモード変換効率を最適化するために、3 台それぞれのマイクロ波入射系には任意偏波器を設置し、入射偏波を個別に変えることができる。

(2) この EB 波のみで生成したオーバードンス球状トカマクプラズマに、真空容器下部に設置した電子銃から電子ビームを磁力線に沿って入射する。すでに流れているトロイダル電流をさらに駆動する向きに入射することにより LHI 効果によるトロイダル電流の増加と電子密度の増加を狙う。電子ビームの磁力線に平行方向の速度成分によるドップラー効果により入射した電子ビームの EC 共鳴位置はバルク電子の共鳴位置より低磁場側にシフトするので、電子ビームが走る磁力線に一致させることも可能となる。それにより、EB 波による電子ビームの ECH が先に起こり、ECCD の効率向上も期待できる。

(3) 主要な計測は以下のように行う。プラズマ電流分布の計測は 17 本のフラックスループからの信号を用い、電流分布モデルのパラメータを最小二乗法により決定することで行う。電子密度分布の計測は、4ch 70GHz ミリ波干渉計の信号を逆アーベル変換することで行う。放電には水素ガスを用いるが、可視フィルターによりプラズマからの $H\alpha$ 光を高速 CCD カメラで撮影し、プラズマ発光像を得る。プラズマからの軟 X 線領域の放射分布は、20ch AXUV 検出器を用いたピンホールカメラにより得る。

4. 研究成果

(1) 電子ビームをプラズマアノード法により入射するための電子銃と、それに最大 20 kV の負電圧を印加する高圧パルス電源を設計・製作した。電子銃は 8 x 18 mm の長方形のエミッション部を持つ Mo 製の陰極部を直径 17mm のアルミナセラミックスの保護管から露出させたものであり、負電圧印加時に生ずるイオンボンバードメントを軽減するために水素ガスを中から噴出できる構造となっている。高圧パルス電源は 250 μF の容量を持つコンデンサーバンクと 2 つのイグナイトロンにより高圧パルス波形を作るもので、エミッション電流を制限するために直列に 10 ~ 20 Ω の抵抗を入れている。電子銃は LATE 装置の下部ポートに設置し、陰極部中央が $R_c = 25.5 \text{ cm}$ 、 $Z = -45 \text{ cm}$ の位置になるようにして実験を行った。

(2) 図 1 に典型的な放電波形を示す。電子ビームを入射するターゲットプラズマは、トロイダル

ル磁場強度 720 Gauss (2.45 GHz マイクロ波の EC 共鳴層位置 $R_{\text{ECR}} = 20.6$ cm) において、2 台のマグネトロンから最大 26 kW のマイクロ波電力を入射し、垂直磁場 B_v を時間とともに増大させることにより、プラズマ電流 I_p を無誘導で立ち上げて生成した。2 台の入射系のうち一方は左回り円偏波で 0 モード入射、他方は磁場に垂直な直線偏波で X モード入射とした。電子ビーム入射直前 (時刻 $t = 170.0$ msec) において、 $I_p = 4.5$ kA、 $B_v = 53$ Gauss、中心電子密度 $2.7 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ となっている。 $t = 170.01$ msec において -10 kV の負電圧を印加すると、約 0.1 msec の間 I_p は 0.5 kA ほど減少するが、カソード電流 I_k が流れ始めると増加してゆく。カソード電圧 100 ~ 600 V で $I_k \sim 800$ A が流れるが、 I_p に顕著な増加は見られず、 $t \sim 170.3$ msec で飽和し、ほぼ元の値になる。この原因の一つとして、トカマク平衡を保つための B_v の値が 53 Gauss のまま一定であることが考えられる。

(3) 一方、電子密度は I_k 入射直後から急激に増加し、 $t = 170.3$ msec では、ECR 層とほぼ同じ $R \sim 20$ cm にピークをもった分布となり、その最大値は $1.7 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ に達する。これは 2.45 GHz マイクロ波の遮断密度の約 24 倍である。 $R = 18.8$ cm の接線半径に視線を持つ AXUV 検出器信号の時間変化を見ると $R = 19$ cm の接線半径に視線を持つ 70 GHz マイクロ波干渉計信号よりも急速な増加が見られる。これは $R \sim 19$ cm、すなわち ECR 層のあるプラズマ中心付近で、電子温度が増加していることを示唆する。また、同じ時刻 $t = 170.3$ msec におけるプラズマ発光像を見ると、磁気計測から求められる最外殻磁気面の内側が明るく輝いており、さらに中心柱を電子銃側から立ち登る明るい条が見られることから、電子ビームが最外殻磁気面の中に侵入し、EB 波と同時にプラズマ中心を加熱していると想像される。

(4) 電子密度はそれ以後も $t \sim 170.5$ msec まで増加を続け、その後飽和する。 $t = 170.6$ msec では $R \sim 28$ cm にピークを持ち、その値は $2.45 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ に達する。これは遮断密度の 30 倍を超える値である。しかし、この時点ではプラズマ遮断層と高域混成共鳴層は第 2 高調波 EC 共鳴層よりも大半径外側に移動し、 I_p は減少し、電流中心は大半径外側へと移動する。プラズマ発光像を見ても周辺部に強い明るい条が見られる。従って、EB 波による ECH は $R_{2\text{ECR}} = 41.2$ cm の第 2 高調波 EC 共鳴層付近に限られ、また、モード変換効率自体も密度勾配が急峻になっているために 70% から 40% へと減少しており、プラズマ中心部の ECH ができなくなっていると考えられる。

(5) 今回遮断密度の 30 倍を超えるプラズマが得られたが、EB 波と EBI によるプラズマ中心部の加熱が有効だと考えられるのは電子密度が $1.7 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ 付近までである。従って、EBI による電子密度上昇を適度に抑え、EB 波へのモード変換効率の低下を避ける必要がある。

<参考文献>

H. Tanaka, T. Kuzuma, R. Ashida, R. Kajita, T. Nagaeki, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, R. Nakai, X. Guo, Y. Nozawa, M. Uchida, T. Maekawa
 "Electron Beam Injection to Non-Inductively-Produced Spherical Tokamak Plasmas by Electron Bernstein Wave in LATE"
 Proc. 28th IAEA Fusion Energy Conference, IAEA-CN-214, EX/P7-18, Nice, France, (Virtual Event) 2021, May 10 -15

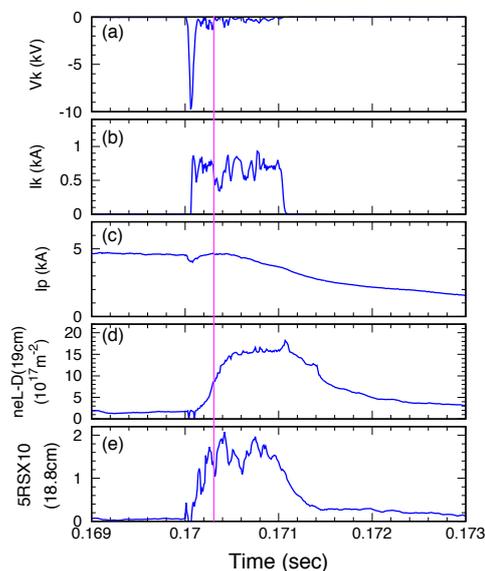


図1 放電波形 (a) カソード電圧 (b) カソード電流 (c) プラズマ電流 (d) 接線半径 19cm における線積分電子密度 (e) 接線半径 18.8 cm における AXUV 検出器信号

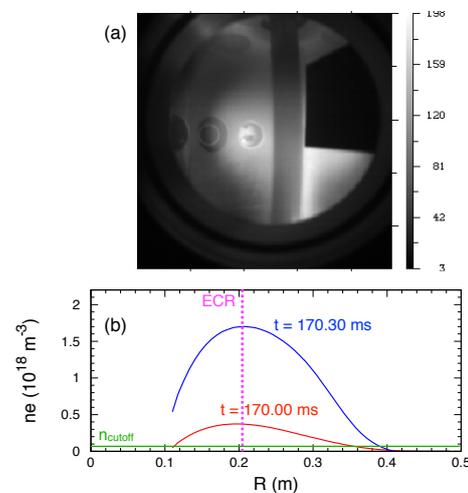


図2 (a) 時刻 $t = 170.3$ msec における高速 CCD カメラ画像 (露光時間 $10 \mu\text{sec}$) (b) 70GHz ミリ波干渉計のデータから求めた電子密度分布

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計41件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件）

1 . 発表者名 H. Tanaka, T. Kuzuma, R. Ashida, R. Kajita, T. Nagaeki, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, R. Nakai, X. Guo, Y. Nozawa, M. Uchida, T. Maekawa
2 . 発表標題 Electron Beam Injection to Non-Inductively-Produced Spherical Tokamak Plasmas by Electron Bernstein Wave in LATE
3 . 学会等名 28th IAEA Fusion Energy Conference (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Tanaka, Y. Nozawa, R. Kajita, X. Guo, T. Kuzuma, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, R. Ashida, R. Nakai, T. Nagaeki, M. Uchida, T. Maekawa
2 . 発表標題 Overview of Recent EBW Experiment in LATE
3 . 学会等名 8th Kyushu QUEST Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 X. Guo, R. Ashida, Y. Nozawa, R. Kajita, R. Nakai, T. Nagaeki, Y. Ideta, S. Yoshioka, H. Tanaka, M. Uchida, T. Maekawa
2 . 発表標題 Measurement of Mode-Conversion Process to Electron Bernstein Waves in Low Aspect ratio Torus Experiment
3 . 学会等名 The 29th International Toki Conference (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 R. Kajita, Y. Nozawa, X. Guo, R. Ashida, R. Nakai, T. Nagaeki, Y. Ideta, S. Yoshioka, M. Uchida, H. Tanaka and T. Maekawa
2 . 発表標題 Sawtooth-like density oscillations in the overdense ST plasma produced by EBW on LATE
3 . 学会等名 Korea-Japan Workshop on Physics and Technology of Heating and Current Drive (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名	野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 芦田涼, 中井亮太郎, 長工キ拓巳, 出田 雄己, 吉岡 慎太郎, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題	LATEでのマイクロ波による無誘導立ち上げにおける入射波偏波調整実験
3. 学会等名	「先進トカマク開発のための実験研究」研究会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	梶田竜助, 野澤嘉孝, 郭星宇, 芦田涼, 中井亮太郎, 長工キ巧巳, 出田雄輝, 吉岡慎太郎, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題	LATEにおけるプラズマ噴出時の磁気計測
3. 学会等名	「先進トカマク開発のための実験研究」研究会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	X. Guo, R. Ashida, Y. Nozawa, R. Kajita, R. Nakai, T. Nagaeki, Y. Ideta, S. Yoshioka, H. Tanaka, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題	Direct Measurement of Electron Bernstein Waves in LATE
3. 学会等名	「先進トカマク開発のための実験研究」研究会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	前川孝, 打田正樹, 田中仁
2. 発表標題	ECH/ECCDによるITERの非誘導立ち上げ
3. 学会等名	プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 田中仁, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 芦田涼, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 出田雄己, 吉岡慎太郎, 打田正樹, 前川孝
2. 発表標題 電子パースタイン波で生成された球状トカマクプラズマへの電子ビーム入射実験
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郭星宇, 芦田涼, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 出田雄己, 吉岡慎太郎, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATE装置における電子パースタイン波直接検出実験結果
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芦田涼, 郭星宇, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 出田雄己, 吉岡慎太郎, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATE装置における電子パースタイン波直接検出のための2次元計測システム
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井亮太郎, 吉岡慎太郎, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 芦田涼, 長エキ巧巳, 出田雄己, 田中仁, 打田正樹, 前川孝
2. 発表標題 LATE球状トカマクプラズマの空間電位計測用HIBPにおける入射イオンビーム制御による2次ビーム電流の最大化
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長工キ巧巳, 打田正樹, 梶田竜助, 出田雄己, 野澤嘉孝, 郭星宇, 芦田涼, 中井亮太郎, 吉岡慎太郎, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 球状トカマク装置LATEにおける4台のAXUVピンホールカメラを用いた軟X線CTシステムの構築
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Tanaka, R. Kajita, W. Tsukamoto, S. Matsui, Y. Nozawa, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Present status of EBW experiment in LATE
3. 学会等名 7th Kyushu QUEST Workshop, Fukuoka, Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tanaka, Y. Nozawa, R. Kajita, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Electron Bernstein wave heating and current drive in the LATE device
3. 学会等名 5th UNIST-Kyoto Univ. Workshop on "Physics validation and control of turbulent transport and MHD in fusion plasmas" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Maekawa, H. Tanaka, M. Uchida
2. 発表標題 Mapping of power deposition zone of electron Bernstein waves externally excited via mode conversion in tokamak plasmas
3. 学会等名 46th EPS Conference on Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Nozawa, R. Kajita, M.Uchida, H. Tanaka, T. Makawa
2. 発表標題 Effective electron Bernstein wave heating by polarization adjustment of incident microwave for non-inductive formation of spherical tokamak in LATE
3. 学会等名 46th EPS Conference on Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tanaka, Y. Nozawa, R. Kajita, X. Guo, T. Kuzuma, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, R. Ashida, R. Nakai, T. Nagaeki, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Overview of recent progress on non-inductive start-up experiment in LATE
3. 学会等名 20th International Spherical Torus Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 大谷純己, 後藤恵介, 塚本亘, 野口哲夫, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 久津間哲人, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATE装置における2周波数(2.45/5GHz)のマイクロ波を用いた電子バーンスタイン波加熱・電流駆動
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶田竜助, 後藤恵介, 野澤嘉孝, 郭星宇, 大谷純己, 塚本亘, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 無誘導ECH/ECCDで立ち上げたオーバードレンス球状トカマクプラズマにおける間欠的プラズマ噴出現象
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高瀬雄一, 小野靖, 田中仁, 村上定義, 花田和明, 永田正義, 藤田隆明, 飯尾俊二, 藤堂泰, 竹入康彦, 笠原寛史, 鎌田裕
2. 発表標題 全日本的連携による球状トカマク研究の現状
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶田竜助, 後藤恵介, 塚本亘, 野澤嘉孝, 打田正樹, 田中仁
2. 発表標題 LATE無誘導球状トカマクプラズマにおける間欠的プラズマ噴出現象
3. 学会等名 第22回若手科学者によるプラズマ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中仁, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 芦田涼, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 打田正樹, 前川孝
2. 発表標題 LATEにおける無誘導球状トカマク立ち上げ実験
3. 学会等名 「先進トカマク概念の深化」研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前川孝, 田中仁, 打田正樹
2. 発表標題 トカマクプラズマにおける電子バースタイン波吸収域の特定
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶田竜助, 野澤嘉孝, 郭星宇, 松井三四郎, 山形周平, 中井隆裕, 久津間哲人, 芦田涼, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 磁気ブローアレイによるLATEマイクロ波球状トカマクにおける間欠的プラズマ噴出の観測と解析
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 郭星宇, 芦田涼, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 久津間哲人, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 Development of A Direct Detection System of Electron Bernstein Waves on LATE
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久津間哲人, 田中仁, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 芦田涼, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 打田正樹, 前川孝
2. 発表標題 電子ビーム入射による球状トカマク無誘導立ち上げのための電子銃の開発
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中井隆裕, 長エキ巧巳, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 久津間哲人, 松井三四郎, 山形周平, 芦田涼, 中井亮太郎, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATEにおける電子バーンスタイン波加熱・電流駆動によって生成された高速電子の硬X線PHA計測
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井三四郎, 中井亮太郎, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 久津間哲人, 中井隆裕, 山形周平, 芦田涼, 長エキ巧巳, 田中仁, 打田正樹, 前川孝
2. 発表標題 LATEにおける空間電位計測用HIBP入射ビームラインの改良
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山形周平, 打田正樹, 梶田竜助, 野澤嘉孝, 郭星宇, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 芦田涼, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATEにおける4方向AXUVピンホールカメラを用いた軟X線CTシステムの開発
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tanaka, R. Kajita, Y. Nozawa, H. Shirai, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Density oscillations by intermittent plasma ejection in the overdense ST plasma produced by EBW in the LATE device
3. 学会等名 4th UNIST- Kyoto Univ. Workshop on "Physics validation and control of turbulent transport and MHD in fusion plasmas" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tanaka, Y. Nozawa, M. Uchida, R. Kajita, Y. Omura, Y. Sakai, H. Shirai, J. Ootani, K. Goto, W. Tsukamoto, T. Noguchi, X. Guo, T. Maekawa
2. 発表標題 Electron Bernstein Wave Heating and Current Drive with Multi-Electron Cyclotron Resonances During Non-inductive Start-up on LATE
3. 学会等名 27th IAEA Fusion Energy Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tanaka, Y. Nozawa, R. Kajita, J. Ootani, K. Goto, W. Tsukamoto, T. Noguchi, T. Kuzuma, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, X. Guo, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Non-inductive formation of overdense spherical tokamak plasmas by electron Bernstein waves in the LATE device
3. 学会等名 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tanaka, R. Kajita, W. Tsukamoto, S. Matsui, Y. Nozawa, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Present status of EBW experiment in LATE
3. 学会等名 6th Kyushu QUEST Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中仁, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 大谷純己, 後藤恵介, 塚本亘, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 前川孝
2. 発表標題 電子サイクロトロン加熱・電流駆動と冷陰極電子ビーム入射による無誘導電流立ち上げ
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大谷純己, 久津間哲人, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 後藤恵介, 塚本亘, 野口哲夫, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 電子バーンスタイン波加熱・電流駆動による無誘導球状トカマク立ち上げ時の中性ガス流入量の制御
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤恵介, 梶田竜助, 野澤嘉孝, 郭星宇, 大谷純己, 塚本亘, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 電子パースタイン波加熱・電流駆動による無誘導球状トカマク立ち上げを阻害する不安定性の様相
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚本亘, 松井三四郎, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 大谷純己, 後藤恵介, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATE 球状トカマクの無誘導 ECH/ECCD 立ち上げにおける HIBP による静電ポテンシャル分布と揺動の計測
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野口哲夫, 中井隆裕, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 大谷純己, 後藤恵介, 塚本亘, 久津間哲人, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 電子パースタイン波加熱・電流駆動による無誘導球状トカマク立ち上げ時の高速電子損失と熱流損失
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 大谷純己, 後藤恵介, 塚本亘, 野口哲夫, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 久津間哲人, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATE装置における2周波数(2.45/5GHz)のマイクロ波を用いた電子パースタイン波加熱・電流駆動
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梶田竜助, 後藤恵介, 野澤嘉孝, 郭星宇, 大谷純己, 塚本亘, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 無誘導ECH/ECCDで立ち上げたオーバードレンス球状トカマクプラズマにおける間欠的プラズマ噴出現象
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

エネルギー科学研究科 プラズマ物性物理学 ホームページ http://plasma47.energy.kyoto-u.ac.jp/index.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	前川 孝 (Maekawa Takashi) (20127137)	京都大学・エネルギー科学研究科・名誉教授 (14301)	
研究分担者	打田 正樹 (Uchida Masaki) (90322164)	京都大学・エネルギー科学研究科・准教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------