

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26249142

研究課題名(和文) ガウスビームを用いた第1伝播帯EB波によるオーバードense球状トカマクの無誘導形成

研究課題名(英文) Non-inductive formation of overdense spherical tokamak with EB wave in the first propagation band by Gaussian beams

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) 26,900,000円

研究成果の概要(和文)：5GHz、～200kWのマイクロ波をトラス外側の低磁場側より磁場に斜めに左回り偏波の電磁波を入射し、高域混成共鳴層で電子バーンスタイン波を第1伝播帯に励起し、まず、ドップラーシフトした電子サイクロトロン(EC)共鳴により高速電子を加熱してプラズマ電流を駆動し、次いでプラズマ中心部に位置する基本EC共鳴層でバルク電子を加熱して電子温度を高め、遮断密度の6倍に達するオーバードenseプラズマを無誘導で立ち上げることができた。パラメトリック不安定性の励起は観測されたが、～200kWの入射電力の範囲では、電力集中による非線形的なモード変換効率の劣化はまだ見られていない。

研究成果の概要(英文)：When the 1st electron cyclotron resonance (ECR) layer is located at the plasma core, the 2nd harmonic ECR layer is near the outboard vessel wall, the upper hybrid resonance layer is located between them and the left-handed polarized electromagnetic wave is launched obliquely to the toroidal magnetic field from the outboard side of the torus, then, extremely overdense spherical tokamak plasmas are produced non-inductively with the electron density of ~6 times the plasma cutoff density. Injected electromagnetic wave is mode-converted to electron Bernstein wave and absorbed along the propagation path firstly by high energy electrons at the Doppler-shifted ECR in the low field side, next by bulk electrons at the 1st ECR at the plasma center. Bulk electron temperature is increased at the plasma center, which results in the increase of the electron density. The degradation of heating and/or current drive by non-linear effects due to high power density is not observed with ~200kW injection.

研究分野：プラズマ理工学

キーワード：電子バーンスタイン波加熱・電流駆動 オーバードenseプラズマ モード変換 トカマクの無誘導形成
球状トカマク

1. 研究開始当初の背景

ミリ波を用いる電子サイクロトロン(EC)加熱・電流駆動(ECH/ECCD)は核融合炉心プラズマ制御の有力な手段である。ミリ波を用いると、入射アンテナをプラズマから十分離れた位置に置くことができ、コーナーあるいはバンドにより折り曲げた伝送路で入射アンテナにミリ波電力を送り込めばプラズマからの直射中性子に対する遮蔽構造が可能となる。すなわち炉工学的にみて大変魅力的である。また、ミリ波発振管である大電力ジャイロトロンの研究開発が順調に進み、単管で1~2MWレベルでの連続運転に成功し、ITERでの適用に目途がついている。

一方、従来のITER路線に加え、NSTX(米国)などの球状トカマク(ST)やLHD(日本)などのヘリカル装置での研究も大幅に進展した。低磁場で高密度のプラズマを閉じ込めるとプラズマ中心部はプラズマ周波数がEC周波数よりも高いオーバーデンスとなる。オーバーデンスプラズマでの核融合はSTでは必須であり、ヘリカル装置では魅力的なオプションと考えられている。

オーバーデンスプラズマでは電磁波モードのミリ波はプラズマ周波数が高いプラズマ中心に侵入できず、その周波数とプラズマ周波数が同じになる密度の所で反射される(プラズマ遮断)。そこでオーバーデンスプラズマの場合は入射波を高効率で電子バーンスタイン(EB)波にモード変換して電力をプラズマ中央部に送り込みEC加熱・電流駆動を行う。

EB波へのモード変換のためにミリ波は最適角で高域混成共鳴(UHR)層に入射しなければならないが、UHR層での密度勾配長が入射ミリ波の自由空間波長の数倍になるような寸法の大きな炉心プラズマの場合、線形理論によると、最適角からのずれに対して変換効率が激減する。入射断面でのすべての位置で入射方向を最適角に揃えることが必要になり、電力集中が起きる。

電力集中が進むとパラメトリック不安定性(PI)が起き、非線形効果で変換効率が劣化する恐れがある。すなわち、線形理論と非線形理論の予測はトレードオフの関係にある。上記で言及した実験での電力集中度(ここで電力集中度 η はEB波へのモード変換が起こるUHR層上の単位面積、単位密度当たりに入射する電力である。炉心プラズマでは $\eta \sim 1 \times 10^{-8}$ (Wcm)になる)は、炉心プラズマで想定される値の1/10以下であり、より近い、あるいは凌駕した値での実験が待たれている。

一方、LATE装置においては、EB波によるECH/ECCDを用いて世界で初めて初期磁気面形成を達成し、次いで、EB波単独で無誘導でプラズマ電流を立ち上げ、ST配位をすることに成功した。更に、2.45GHzマイクロ波の遮断密度の~7倍に達するオーバーデンスプラズマの形成にも成功した。

ここで、2.45GHzの代わりに5GHzを用いれば、波長が短いので電力集中度を上げること

ができ、スラブモデルを用いた線形モード変換理論との比較が明確となる。そして、2.45GHzの実験と同様に第2高調波EC共鳴層をUHR層よりもトラス外側にし、入射偏波を最適化してEB波を第1伝播帯へ直接励起することでプラズマ遮断密度の~7倍に達する密度が得られることが示されれば、次に行う炉心プラズマの場合に匹敵あるいは凌駕する電力集中度でのEB波加熱・電流駆動実験の準備研究となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、炉心プラズマの場合に匹敵あるいは凌駕する電力集中度でのEB波加熱・電流駆動実験の準備研究として、第1伝播帯にEB波を励起してオーバーデンスSTプラズマの無誘導形成を行い、モード変換物理を明確にすることにある。即ち、LATE装置を用いて5GHz、~200kW、~100msのマイクロ波を入射し、トロイダル磁場、入射角、偏波を調整して第1伝播帯へEB波を励起し、2.45GHzと同程度のオーバーデンス因子(遮断密度に対する密度の比、~7、 $n_e \sim 2 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$)を持つオーバーデンスSTプラズマを無誘導で形成する。そして計測器を整備してモード変換過程をより明らかにし、次に行うことを計画している炉心プラズマの場合に匹敵あるいは凌駕する電力集中度でのEB波加熱・電流駆動実験の準備を行う。

3. 研究の方法

本研究はLATE装置を用いて以下のように行った。

(1) 数年来使用していなかったクライストロンを用いて、5GHz、~200kW、~100msの発振出力を得るべく、まず、68kV、13A、100msの高圧パルスを生産できるように高圧電源を点検・修理、コンデンサーの増設を行った。そして、クライストロンの発振調整試験を行い、コンディショニングを繰り返す事により~200kW、~100msでの発振を確認した。

(2) トロイダル磁場電源の増強を行い、コイル電流3.4kAで100msのフラットトップの通電が可能となった。これにより、5GHzの基本EC共鳴層を $R \leq 22.8 \text{ cm}$ まで設定する事ができ、第2高調波EC共鳴層位置は $R \leq 45.6 \text{ cm}$ となり、リミター位置 $R=47 \text{ cm}$ から見て、~1cm、真空容器壁($R=50 \text{ cm}$)から見て~4cmの所まで、大半径外側へと押し出す事ができるようになった。

(3) 5GHz伝送系を整備し、導波管内部にSF₆ガスを充填することにより、途中での放電を回避して~200kW、~100msの高電力をセラミック製真空窓を通して入射できるようにした。また、アンテナ先端部でアンテナ軸とトロイダル磁場とのなす角が77.6°になるように調整し、偏波は偏波器により左回り円偏波とした。入射ビームの拡がりローブをFDTD法で計算するコードを開発し、電力集中度計算を行った。

(4) 以下のような計測器の整備・新設を行い、測定を行った。(a)70GHzミリ波干渉計によるバルク電子密度の大半径方向分布計測。(b)不純物線スペクトル強度変化による電子温度の推定。(c)X線吸収法による電子温度の推定。(d)損失高速電子がもたらす熱流の測定。(e)損失高速電子が発する硬X線放射像の観測。(f)リミターの陰に設置した静電プローブによる計測。(g)磁気プローブ、重イオンビームプローブ、高速CCDカメラによる不安定性の観測。

4. 研究成果

まず、計測装置の整備・新設に関し、以下のような結果を得た。

(1)バルク電子密度の大半径方向分布を測定するために70GHzミリ波干渉計の視線コードを変更して、赤道面上の4本の水平視線で計測できるようにした。得られた線積分密度をアーベル逆変換により電子密度の大半径分布を得た。これにより、UHR層の位置ならびにUHR層付近での密度勾配長を得る事ができるようになった。

(2)可視分光装置により不純物線スペクトル強度の時間発展を調べ、バルク電子密度が高くなる放電では、0V(励起エネルギー72eV)、CV(励起エネルギー304eV)の線スペクトル強度が著しく増加する結果を得た。

(3)トロイダル方向に120°離れた2つの水平ポート(1R, 5R)に、同じ視野角と接線半径を持つ視線でプラズマを見込む2つの20chAXUVピンホールカメラを設置した。ピンホールの直後には厚みの異なるAl及びAlとPolyimideの複合薄膜をそれぞれ3種類ずつ切り換えて挿入出来るようにした。得られた検出器出力信号強度をアーベル逆変換した後、その放射強度の比から温度分布を推定した(X線吸収法)。

(4)18chの熱電対を用いて下部フランジに流入する熱流分布計測を行った。また、2次元X線波高検出器を用いたX線ピンホールカメラを用いて下部フランジから発光するX線分布を測定した。これにより、下部フランジに直接損失する20keV以上のエネルギーを持った高速電子の分布が得られた。

次に、EB波を用いたオーバードレンス球状トカマクの無誘導形成に関して、以下の結果を得た。

(5)基本EC共鳴層がほぼプラズマ中心のR=22.8cmにある時、5GHz、190kW、90msのマイクロ波電力を入射して、無誘導でプラズマ電流を~10kAまで立ち上げ、同時に遮断密度の約6倍に達する~ $1.8 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ の電子密度を持つオーバードレンスプラズマを形成することができた(図1)。ミリ波干渉計による計測より、UHR層は第2高調波EC共鳴層(R=45.6cm)よりも高磁場側(トラス内側)にあると見積もられる。X線吸収法によれば、EC共鳴層の位置するプラズマ中心で電子温度は~

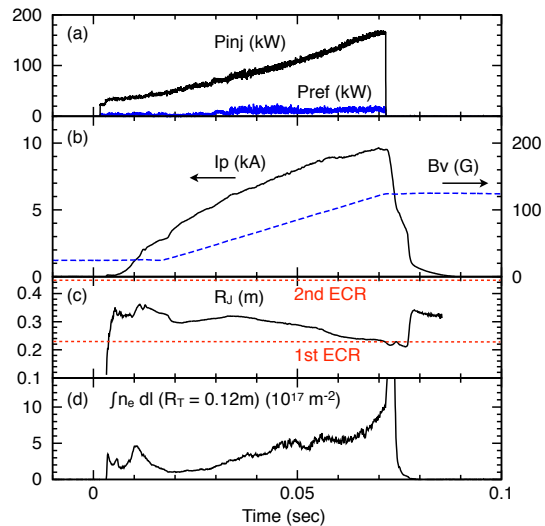


図1 放電波形 (a) 5GHzマイクロ波入射電力、反射電力 (b) プラズマ電流、R=25cmにおける垂直磁場強度 (c) 電流中心位置 (d) 接線半径12cmを通る視線での線積分電子密度

100eVと見積もられ、顕著な電子加熱が起こっている事が示された。これらより、EB波を第1伝播帯へ励起し、EB波がトラス外側から内側へと伝播する時、まず、ドップラシフトしたEC共鳴により低磁場側で高速電子を加熱してプラズマ電流を駆動し、次いでプラズマ中心部に位置する基本EC共鳴層でバルク電子を加熱して電子温度を高め、遮断密度の6倍に達するオーバードレンスプラズマができたと考えられる。

(6)トロイダル磁場を変えてEC共鳴層の位置を変えた時、第2高調波EC共鳴層の位置が

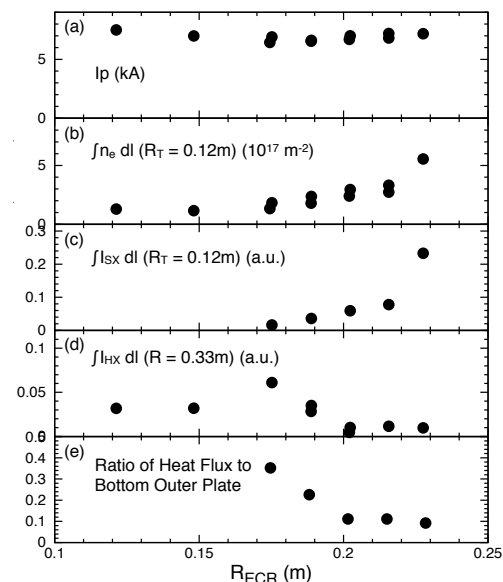


図2 トロイダル磁場依存(基本EC共鳴層の位置に対するプロット) (a) プラズマ電流 (b) 接線半径12cmを通る視線での線積分電子密度 (c) 同軟X線信号 (d) 大半径33cmの垂直視線で見た硬X線信号 (e) 真空容器下部フランジ外側領域に流入する熱流の割合

R<38cmとなってUHR層より高磁場側（トーラス内側）になると、電子密度の増加は見られなくなる(図2)。これは、EB波が第2伝播帯へ励起されるが、それが吸収される第2高調波EC共鳴層がプラズマ中心から離れた所にあるため、効率的なバルク電子加熱ができず、電子密度が上がらないと考えられる。また、電子密度が上がる場合には、最外殻磁気面より低磁場側（トーラス外側）の領域から放射される硬X線放射強度が著しく減少し、真空容器下部フランジ外側領域に流入する熱量も減少する。これらのことより、捕捉電子の生成が抑えられ、その分EB波電力が高速電子ではなくバルク電子に吸収され、電子温度、ひいては電子密度の上昇をもたらしているものと考えられる。

(7)一方、トロイダル磁場強度を下げ、第2伝播帯にEB波を励起し、第2高調波ECR共鳴層での加熱を用いると、遮断密度の2倍弱の比較的低密度で~16kAのプラズマ電流まで無誘導で立ち上げることができた。ただし、電流と密度の積は第1伝播帯EB波による基本共鳴加熱よりも小さかった。

(8)高電力入射(>100kW)時に、真空容器下部フランジ上に設置されているMo板にホットスポットが発生し、ひどい時にはプラズマ電流と密度が下がりプラズマが消失してしまうことも見られた。強いガスパフを行うと、電子密度は高くなって、ホットスポットは軽減された。しかし、プラズマ電流中心が大半径内側へシフトし、電流駆動は難しくなってしまう。

(9)入射電力が高く、オーバーデンス因子が増大すると磁気スパイクを伴って最外殻磁気面よりプラズマが噴出してゆくことが観測された。この噴出現象は1~5msほどの間隔において間欠的に発生し、UHR層における密度勾配を大きく変化させる。この変動に伴って、EB波へのモード変換効率が変動している可能性がある。

パラメトリック不安定性の励起の有無は可動式プローブからの信号をスペクトルアナライザを用いて周波数解析して得た。入射波から60~80MHz低い周波数の波が観測され、入射電力とともにその強度を増した。入射電力が~200kWまでの範囲では、高電力集中による非線形的な悪化は見受けられていない。今後の更なる高入射電力実験においては、高電力集中だけでなく、高電力入射時の密度揺動による影響も考慮しなければならないと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計4件)

(1)M.Uchida, Y.Noguchi, H.Tanaka, T.Maekawa, "Non inductive formation of an extremely overdense spherical Tokamak by electron Bernstein wave heating and current drive on LATE", EPJ Web of Conference 87 (2015) 2006 (5pp)

(2)K.Kuroda, M.Wada, M.Uchida, H.Tanaka and T.Maekawa, "Cross-field potential hill arisen eccentrically in toroidal electron cyclotron resonance plasmas in the Low Aspect ratio Torus Experiment device to regulate electron and ion flows from source to boundary", Plasma Phys. Control. Fusion 57 (2015) 075010 (20pp)

(3)K.Kuroda, M.Wada, M.Uchida, H.Tanaka and T.Maekawa, "Shift in principal equilibrium current from a vertical to a toroidal one towards the initiation of a closed flux surface in ECR plasmas in the LATE device", Plasma Phys. Control. Fusion 58 (2016) 025013 (15pp)

(4)H.Tanaka, M.Uchida, T.Maekawa, Y.-S.Bae, M.Joung, J.H.Jeong and KSTAR team, "Non-inductive initiation of closed flux surfaces by ECH/ECCD on KSTAR using an oblique fundamental 0-mode injection from the low-field side", Nucl. Fusion 56 (2016) 046003 (15pp)

〔学会発表〕 (計35件)

(1)H.Tanaka, M.Uchida, T.Maekawa, Y.-S.Bae, M.Joung, J.H.Jeong, "Non-inductive Current Start-up by Electron Cyclotron Heating and Current Drive in KSTAR", 18th Joint Workshop on ECE and ECRH, 2014/4/22-25, Nara, Japan

(2)H.Tanaka, M.Uchida, T.Maekawa, K.Kuroda, K.Nagao, M.Wada, Y.Nozaawa, A.Yoshida, "Recent Progress in Non-inductive Formation of Spherical Torus by Electron Bernstein Wave Heating and Current Drive on LATE", US-Japan Workshop on RF Heating Physics, 2014/9/17-19, Kyoto Japan

(3)H.Tanaka, M.Uchida, T.Maekawa, K.Kuroda, C.Ikeda, T.Shigemura, K.Nagao, M.Wada, "Observation of intermittent plasma ejection from a highly overdense spherical tokamak plasma maintained by electron Bernstein wave heating and current drive in LATE", 25th IAEA Fusion Energy Conference, IAEA CN-221, EX/P74-1, 2014/10/13-18, St. Petersburg, Russian Federation

(4)M.Uchida, H.Tanaka, T.Maekawa, "Noninductive formation of extremely overdense Spherical Tokamak plasma by electron Bernstein wave heating and current drive on LATE", 24th Int. Toki Conference, 2014/11/4-7, Gifu, Japan

(5)田中仁, 吉田篤史, 本多大輝, 打田正樹, 前川孝, 井口春和, "重イオンビームプローブによる LATE マイクロ波球状トーラスの静電ポテンシャル分布計測", Plasma Conference 2014, 2014/11/18-21, 新潟市、

新潟県

(6)永尾剣一、田中仁、打田正樹、野澤嘉孝、黒田賢剛、和田真門、吉田篤史、前川孝，“LATE マイクロ波球状トーラスにおける最外殻磁気面からの噴出現象の観測”，Plasma Conference 2014, 2014/11/18-21, 新潟市、新潟県

(7)打田正樹、野澤嘉孝、吉田篤史、永尾剣一、和田真門、黒田賢剛、田中仁、前川孝，“LATEにおける電子バーンスタイン波加熱・電流駆動によるマイクロ波球状トーラスの形成”，PlasmaConference2014, 2014/11/18-21, 新潟市、新潟県

(8)Y. Nozawa, M. Uchida, H. Tanaka, T. Maekawa and K. Takamatsu, “Circular TE11-based Waveguide Polarizer for Optimal Polarization Injection for Formation of Microwave Spherical Torus in LATE”, 3rd A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, 2014/12/15-17, Chiba, Japan

(9)A. Yoshida, H. Tanaka, M. Uchida, T. Maekawa, D. Honda and H. Iguchi, “Measurements of Space Potential Distribution by HIBP System in LATE”, 3rd A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, 2014/12/15-17, Chiba, Japan

(10)H. Tanaka, Y. Nozawa, A. Yoshida, T. Kawaharada, K. Takamatsu, A. Hoshino, D. Honda, D. Watanabe, K. Kuroda, M. Uchida, T. Maekawa, “Polarization Control during Non-Inductive Start-up by Electron Bernstein Wave Heating and Current Drive in LATE”, Workshop on RF Heating Technology of Fusion Plasmas 2015, 2015/8/31-9/2, Tokyo, Japan

(11)H. Tanaka, Y. Nozawa, A. Yoshida, T. Kawaharada, K. Takamatsu, A. Hoshino, D. Honda, D. Watanabe, K. Kuroda, M. Uchida, T. Maekawa, “Recent results on non-inductive formation of spherical torus by electron Bernstein wave heating and current drive in LATE”, 18th International Spherical Torus Workshop, 2015/11/3-6, Princeton, NJ, USA

(12)Y. Nozawa, M. Uchida, H. Tanaka, K. Takamatsu, A. Yoshida, T. Kawaharada, A. Hoshino, D. Honda, D. Watanabe, K. Kuroda, T. Maekawa, “Polarization control of incident microwave for non-inductive formation of spherical tokamak by electron Bernstein wave heating and current drive in LATE”, 18th International Spherical Torus Workshop, 2015/11/3-6, Princeton, USA

(13)M. Uchida, Y. Nozawa, A. Yoshida, K. Kuroda, H. Tanaka, T. Maekawa, “Effect of UHR location on non-inductive formation of overdense spherical tokamak by electron Bernstein wave heating and

current drive on LATE”, 25th Int. Toki Conference, 2015/11/3-6, Gifu, Japan

(14)田中仁、野澤嘉孝、吉田篤史、河原田俊秀、高松恭平、星野新、本多大輝、渡辺大輔、黒田賢剛、打田正樹、前川孝，“LATE 装置における 5GHz マイクロ波を用いた高磁場・短波長での電子バーンスタイン波による非誘導球状トカマク形成”，第32回プラズマ・核融合学会年会、2015/11/24-27、名古屋市、愛知県

(15)前川孝、黒田賢剛、和田真門、打田正樹、田中仁，“ECRプラズマの磁気面形成に向けた平衡電流の発展—LATE 装置における実験と解析”，第32回プラズマ・核融合学会年会、2015/11/24-27、名古屋市、愛知県

(16)打田正樹、野澤嘉孝、吉田篤史、河原田俊秀、高松恭平、星野新、本多大輝、渡辺大輔、黒田賢剛、田中仁、前川孝，“LATEでの電子バーンスタイン波加熱・電流駆動によるマイクロ波球状トカマク形成における高速電子の生成と損失”，第32回プラズマ・核融合学会年会、2015/11/24-27、名古屋市、愛知県

(17)野澤嘉孝、打田正樹、田中仁、高松恭平、吉田篤史、渡辺大輔、河原田俊秀、星野新、本多大輝、黒田賢剛、前川孝，“LATEでの電子バーンスタイン波を用いた非誘導球状トカマク形成時の入射波偏波制御”，第32回プラズマ・核融合学会年会、2015/11/24-27、名古屋市、愛知県

(18)吉田篤史、田中仁、打田正樹、野澤嘉孝、本多大輝、高松恭平、星野新、渡辺大輔、河原田俊秀、前川孝，“重イオンビームによるLATEマイクロ波球状トーラスプラズマの空間電位計測”，第32回プラズマ・核融合学会年会、2015/11/24-27、名古屋市、愛知県

(19)H. Tanaka, M. Uchida and T. Maekawa “Non-inductive Start-up of Tokamaks by ECH/ECCD”, Japan-Korea Workshop on Physics and Technology of Heating and Current Drive, 12/21-22, 2015, Hitachi Civic Center, Ibaragi, Japan

(20)M. Uchida, Y. Nozawa, A. Yoshida, K. Kuroda, H. Tanaka, T. Maekawa, “EBW start-up experiments in LATE”, The 4th Kyushu Workshop on Solenoid-Free RF-only ST Plasmas, 2016/3/24-25, Fukuoka, Japan

(21)M. Uchida, Y. Nozawa, H. Tanaka, T. Maekawa, “Startup and formation of spherical Tokamak by electron Bernstein waves at their first propagation band on LATE”, US-Japan Workshop on RF Heating Physics, 2016/5/18-20, Toyama, Japan

(22)D. Honda, H. Shirai, M. Uchida, H. Tanaka, T. Maekawa, “Measurement of Space Potential Distribution by HIBP in LATE”, 8th Korea-Japan Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasmas, 2016/8/24-27, Busan, Korea

(23)H. Tanaka, M. Uchida, T. Maekawa, K. Kuroda, Y. Nozawa, A. Yoshida,

D. Watanabe, K. Takamatsu, A. Hoshino, D. Honda, T. Kawaharada, "Non-inductive Production of Extremely Overdense Spherical Tokamak Plasma by Electron Bernstein Wave Excited via O-X-B Method in LATE", 26th IAEA Fusion Energy Conference, IAEA-CN-234, EX/P4-45, 2016/10/17-22, Kyoto, Japan

(24) 田中仁、野澤嘉孝、河原田俊秀、高松恭平、星野新、本多大輝、渡辺大輔、大村侑司、梶田竜助、酒井陽介、白井玄佳、打田正樹、前川孝, "電子バーンスタイン波による無誘導球状トカマク立ち上げのEC共鳴層位置に対する依存性", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(25) 打田正樹、高松恭平、酒井陽介、野澤嘉孝、河原田俊秀、星野新、本多大輝、渡辺大輔、大村侑司、梶田竜助、白井玄佳、田中仁、前川孝, "電子バーンスタイン波のみで維持された球状トカマクプラズマの電流を担う高速電子の軌道の発展と損失", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(26) 野澤嘉孝、渡辺大輔、本多大輝、河原田俊秀、高松恭平、星野新、梶田竜助、大村侑司、白井玄佳、酒井陽介、打田正樹、田中仁、前川孝, "2周波数のマイクロ波を用いたECH/ECCDによる球状トカマクの無誘導形成", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(27) 河原田俊秀、打田正樹、田中仁、前川孝、野澤嘉孝、本多大輝、高松恭平、星野新、渡辺大輔、白井玄佳、酒井陽介、大村侑司、梶田竜助, "軟X線吸収法を用いたマイクロ波球状トカマクプラズマの電子温度の推定", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(28) 高松恭平、酒井陽介、野澤嘉孝、河原田俊秀、星野新、本多大輝、渡辺大輔、大村侑司、梶田竜助、白井玄佳、打田正樹、田中仁、前川孝, "電子バーンスタイン波無誘導球状トカマク立ち上げ時の損失高速電子観察のための2次元CdTe検出器を用いたX線ピンホールカメラの開発", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(29) 星野新、野澤嘉孝、河原田俊秀、高松恭平、本多大輝、渡辺大輔、大村侑司、梶田竜助、酒井陽介、白井玄佳、打田正樹、田中仁、前川孝, "電子バーンスタイン波によって駆動された高速電子から放射されるX線のエネルギー分布および空間分布のCdTe検出器による計測", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(30) 本多大輝、白井玄佳、酒井陽介、打田正樹、田中仁、野澤嘉孝、河原田俊秀、高松恭平、星野新、渡辺大輔、大村侑司、梶田竜助、前川孝, "電子バーンスタイン波のみで維持された球状トカマクプラズマの重イオンビームプロ-

ブによる空間電位分布の計測", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(31) 渡辺大輔、梶田竜助、野澤嘉孝、本多大輝、河原田俊秀、高松恭平、星野新、大村侑司、白井玄佳、酒井陽介、打田正樹、田中仁、前川孝, "電子バーンスタイン波のみで維持された球状トカマクプラズマにおける最外殻磁気面からのプラズマ噴出現象の観測", プラズマ・核融合学会第33回年会、2016/11/29-12/2、仙台市、宮城県

(32) M. Uchida, Y. Nozawa, H. Tanaka, T. Maekawa, "Recent results on non-inductive startup of highly overdense ST plasma by electron Bernstein wave on LATE", Korea-Japan Workshop on Physics and Technology of Heating and Current Drive, 2016/12/14-16, Pohang, Korea

(33) H. Tanaka, M. Uchida, Y. Nozawa, T. Kawaharada, K. Takamatsu, A. Hoshino, D. Honda, D. Watanabe, Y. Omura, R. Kajita, Y. Sakai, H. Shirai, T. Maekawa, "Recent results on EBW experiments in LATE", The 5th Kyushu Workshop on Solenoid-Free RF-only ST Plasmas, 2017/2/2-3, Fukuoka, Japan

(34) R. Kajita, H. Tanaka, M. Uchida, Y. Nozawa, T. Kawaharada, K. Takamatsu, A. Hoshino, D. Honda, D. Watanabe, Y. Ohmura, Y. Sakai, H. Shirai, "Magnetic activity in an over-dense spherical tokamak plasma formed by electron Bernstein wave on LATE", 5th A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, 2017/2/15-17, Kunming, China

(35) 田中仁、打田正樹、前川孝、野澤嘉孝 "電子バーンスタイン波による超臨界密度/オーバーデンス球状トカマクプラズマの加熱", 日本物理学会第72回年次大会、2017/3/17-20、豊中市、大阪府

[その他]

ホームページ

エネルギー科学研究科プラズマ物性物理学分野

<http://plasma27.energy.kyoto-u.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 仁 (TANAKA HITOSHI) 京都大学・大学院エネルギー科学研究科・教授、研究者番号：90183863

(2) 研究分担者

前川 孝 (MAEKAWA TAKASHI) 京都大学・大学院エネルギー科学研究科・名誉教授、研究者番号：20127137

打田 正樹 (UCHIDA MASAKI) 京都大学・大学院エネルギー科学研究科・助教、研究者番号：90322164