

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2009～2013

課題番号：21226021

研究課題名(和文)低域混成波による球状トカマクプラズマの電流駆動

研究課題名(英文)Current Drive in Spherical Tokamak Plasmas by the Lower Hybrid Wave

研究代表者

高瀬 雄一 (Takase, Yuichi)

東京大学・新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：70292828

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 75,000,000円、(間接経費) 22,500,000円

研究成果の概要(和文)：球状トカマクに不可欠なプラズマ電流を高周波波動で駆動できることを示すのが目的である。200MHzの低域混成波を用い、10kAを超えるプラズマ電流の駆動に成功した。3種類のアンテナを用いた実験結果を比較し、球状トカマク配位の自発的形成、波動計測による非線形波動現象やX線計測による高速電子の特性解明、波数スペクトルの最適化、新型アンテナの開発等、物理現象の解明に貢献する多くの成果を得た。現状では電流駆動効率は高速電子の損失により制限されているが、閉じ込め磁場やプラズマ電流の増大により大幅な効率改善が見込めることがシミュレーション計算から示された。この成果は核融合炉の経済性向上に見通しを与えた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to show that the plasma current needed for spherical tokamaks can be driven by high frequency waves. Plasma currents of over 10kA were driven successfully using the 200MHz lower hybrid wave. Comparing the experimental results obtained using 3 types of antennas, many important results that contribute to the physics understanding, such as self-formation of the spherical tokamak configuration, characterization of nonlinear wave phenomena by wave measurements and of fast electrons by X-ray diagnostics, optimization of wavenumber spectrum, and development of a new antenna, were obtained. Presently, the current drive efficiency is limited by fast electron losses, but according to numerical modeling, a large improvement is expected by operating at higher magnetic field and higher plasma current. These results open up a possibility of improving the economic competitiveness of a fusion reactor.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・核融合学

キーワード：炉心プラズマ プラズマ・核融合 球状トカマク 高周波 電流駆動 自己組織化

### 1. 研究開始当初の背景

トカマク型プラズマ閉じ込め装置では、プラズマ中に流れる電流(プラズマ電流)が平衡や閉じ込めに不可欠である。プラズマ電流は通常、トーラス中心部に位置するCSと呼ばれるコイルで駆動される。CSを用いずにトカマクを運転できれば、トカマク核融合炉の小型化による経済性向上が実現可能となる。これは特にトーラス中心部のスペースが限られている球状トカマク(ST)では、核融合炉の成否に関わる最重要課題である。電子サイクロトロン波(ECW)による低プラズマ電流のST配位形成に関しては、東京大学のTST-2装置等で既に実証されている。

### 2. 研究の目的

STに不可欠なプラズマ電流を高周波(RF)波動で駆動できることを示すのが本研究の目的である。本研究では、ECWで生成されたプラズマに低域混成波(LHW)による電流駆動を加え、プラズマ電流を増加させることを目指す。これを実証できれば、ST型核融合炉の実現性が格段と高まる。

### 3. 研究の方法

実験には東京大学のTST-2球状トカマク装置および周波数200 MHz、出力400 kWのRF発生装置を用いた。本研究ではLHW進行波励起に関する研究を、複数のアンテナを用いて段階的に進めた。これらの実験結果の比較より、プラズマ加熱により自発的に発生する圧力駆動電流と、RF波動が電子の速度分布関数を非対称に変形させることによるRF駆動電流とを分離できる。また、速波(FW)励起とLHW励起の比較よりモード変換に関する情報が得られ、LHW直接励起の必要性を判断できる。さらに複数の方法による波動の同時多点計測、電子の速度分布関数の計測、磁気計測に基づくプラズマ平衡の再構成、プラズマの温度・密度分布計測等の結果を総合して、電流駆動の物理機構を解明できる。また、これら実験結果を世界最高水準のRF波動コード(TORLH、GENRAY)および速度分布関数解析コード(CQL3D)による計算結果や、非線形現象であるパラメトリック崩壊過程の計算結果と対比し、RF波動物理および波動・粒子相互作用の解明に資する。

### 4. 研究成果

本研究で用いた200 MHzの電磁波の真空波長は1.5 mと長いため、TST-2では通常の導波管アレイアンテナでLHWを直接励起することはできない。このため周波数21 MHzの高次高調速波(HHFW)を励起するために用いていた2ストラップ型ループアンテナを用いて実験を開始した。このアンテナは方向性をもたない定在波を励起するのでRF電流駆動は期待できない。波動伝搬領域を確保するため、トロイダル磁場を0.3 Tまで増強した(但し短パルス)。RF波動によるプラズマ電流立ち

上げ時には、開いた磁場配位から閉じた磁気面を持つST配位が自発的に形成される。干渉計を多チャンネル化し、この過程に伴う密度分布の変化を計測した。多チャンネル磁気計測によるRF磁場分布・偏波・波数測定、反射計による局所RF電場の評価、静電プローブによる密度・ポテンシャル揺動計測等の種々のRF波動測定データに相関法等を適用して解析した結果、有意な三波結合が観測され、低周波モードは入射されたポンプ波とパラメトリック不安定性により励起された低域サイドバンド波のビートで駆動されていることが明らかとなった。

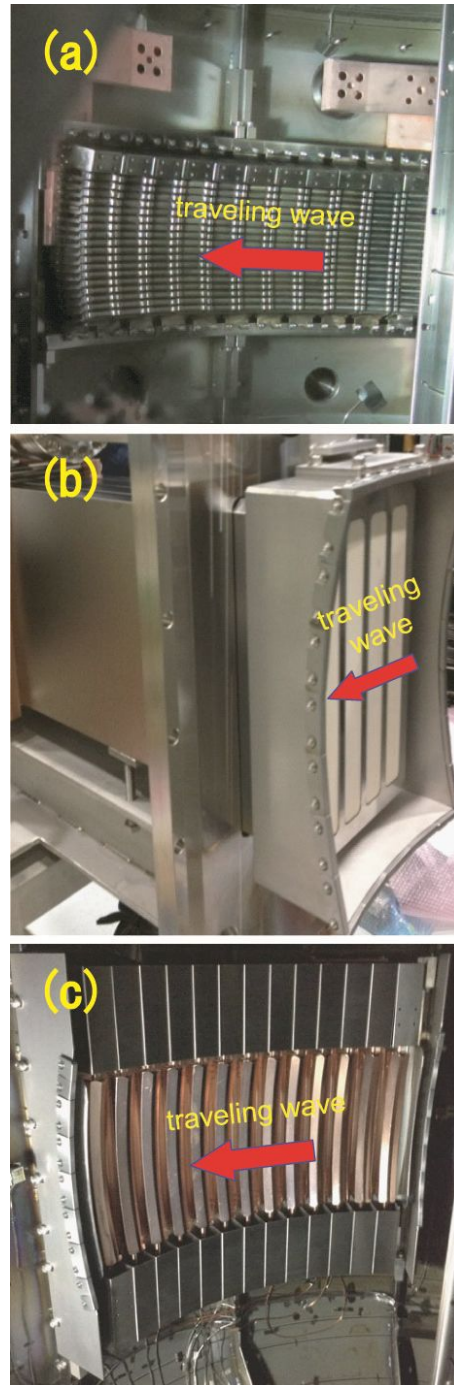


図1 TST-2で使われた3種類の進行波励起アンテナ：(a) ICCアンテナ、(b) グリルアンテナ、(c) CCCアンテナ。

次に、図1に示す3種類の進行波励起アンテナを用いて実験を行った。最初に用いた誘導結合型コムライン (ICC) アンテナは LHW ではなく FW を励起するため、FW を LHW に変換する機構が必要となる。図2(a)に示す実験結果より、プラズマ電流  $I_p$  を増加させるためには、平衡を保つため、垂直磁場  $B_v$  を増加させる必要があることがわかる。また、この結果の正負  $B_v$  非対称性より、プラズマ生成直後の低電流領域 ( $I_p < 3$  kA) ではプラズマが自発的に流す圧力駆動電流が支配的だが、更に電流を上昇させるためには、RF 波動が電子を加速する RF 駆動電流が重要となることがわかる。このアンテナを用い、15 kA までのプラズマ電流立上げを達成した (図2)。これは ST でも LHW による電流駆動および  $I_p$  増加 (ランプアップ) が可能であることを示す世界初の成果である。図2(b)の結果からは、達成できる  $I_p$  の最大値はトロイダル磁場  $B_t$  と共に増加することがわかる。これは RF 波動のプラズマ中への到達可能性が改善されるからだと考えられる。LHW のプラズマ中心部への伝搬には、更に高い 0.3T 程度の磁場を持続させる必要がある。この磁場での予備電離に有用な 8.2 GHz の ECW 装置の設置を行った。

励起された RF 波動の磁場や電場の周波数スペクトル、空間分布、偏波等を磁気プローブアレイおよび静電プローブアレイで調べた結果、非線形過程 (パラメトリック崩壊) による非線形結合が確認され、200MHz の FW が 200MHz 以下の LHW に変換されることが示された。X 線エネルギースペクトル測定用の波高分析器の改良を行い、RF 波動に加速された高速電子の速度分布関数に関する情報を得た。プラズマ電流の極性反転、X 線測定視線スキャン、プラズマ電流上昇時の時間変化等より、高速電子の速度分布関数の非対称性や時間変化がわかり、RF 進行波が電子を一方向に加速する RF 電流駆動の重要性が確認された。また、静電プローブで測定される浮遊電位が大きく負になることが観測されており、これより高エネルギー電子に関する情報が得られる可能性も検討されている。電流駆動研究にとって重要な、磁気計測に基づくプラズマ平衡の再構成、プラズマの温度・密度分布計測用トムソン散乱の性能向上を行い、密度の高い OH 放電では、ダブルパス方式で温度非等方性も含めた電子温度計測に成功している。これらの結果を総合して電流駆動の物理機構解明を進展させた。

LHW 進行波を直接励起することを目的に、アルミナを充填して波長を短縮させた導波管アレイ (グリル) アンテナの設計を行った。導波管および同軸-導波管変換の設計最適化は、電磁解析コード COMSOL を用いて行った。このアンテナは直方体のアルミナブロックの表面にニッケルメッキを施したものを4つ並べて製作した。これを用い、アンテナより直接励起された LHW による RF 電流駆動実験を行った。グリルアンテナからプラズマ波動

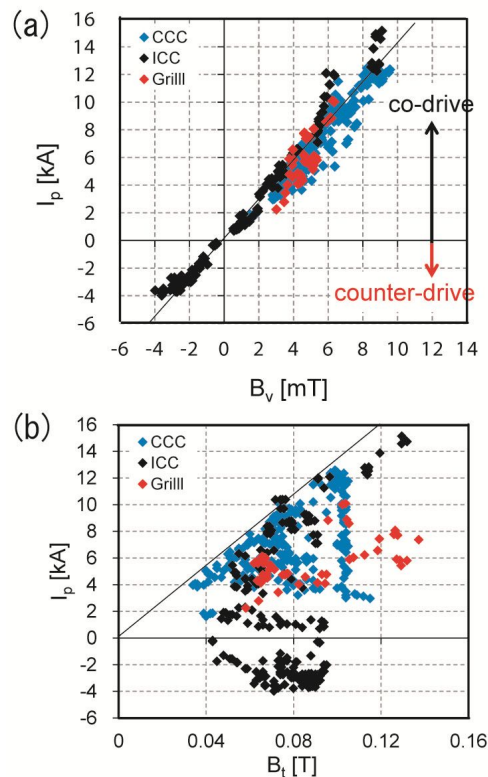


図2 異なるアンテナで励起された波動で駆動されたプラズマ電流 ( $I_p$ ) の比較。(a) 垂直磁場 ( $B_v$ ) 依存性、(b) トロイダル磁場 ( $B_t$ ) 依存性。

への結合効率は予想以下であり、入射電力の約半分が反射されるため、プラズマ中に励起された LHW の波数スペクトルが大幅に劣化していることが示唆された。実験条件下でモデル計算により調べたところ、高電力では RF 電場の圧力に起因するポンデロモティブ力によりプラズマがアンテナ前面から排除されることにより、結合が悪化すると推論された。電流駆動効率  $\eta_{CD} = n_e I_p R_0 / P_{RF}$  は、FW 励起の ICC アンテナで得られた値に比べ若干改善されており (図3) 同程度の  $I_p$  までの立ち上げが達成された。新たに設置した 8.2 GHz の ECW を用いて実験を行ったところ、 $\eta_{CD}$  はトロイダル磁場が高いほど、また  $I_p$  が高いほどよくなることがわかった。プラズマ中に励起される LHW 進行波の波数を制御できるというグリルアンテナの特徴を活かし、 $I_p$  増大に最適な波数を調査した。達成された  $I_p$ 、および電流を担う高速電子が放射する硬 X 線のエネルギースペクトルより、磁力線に沿った方向の規格化波数  $n_{||} = ck_{||} / \omega$  の最適領域は  $1 < n_{||} < 5$  であることが明らかとなった。励起された波の RF 磁場を 5 個の磁気プローブより成るアレイで計測したところ、波の偏波 (LHW または FW) により波長が異なること、それらが LHW および FW の分散関係を満たすことが確認された。また、プローブで観測された波の  $n_{||}$  はアンテナが励起した LHW の  $n_{||}$  より小さい (従って波長は長い) ことが明らかとなった。これらはプラズマ中の LHW の波長を直

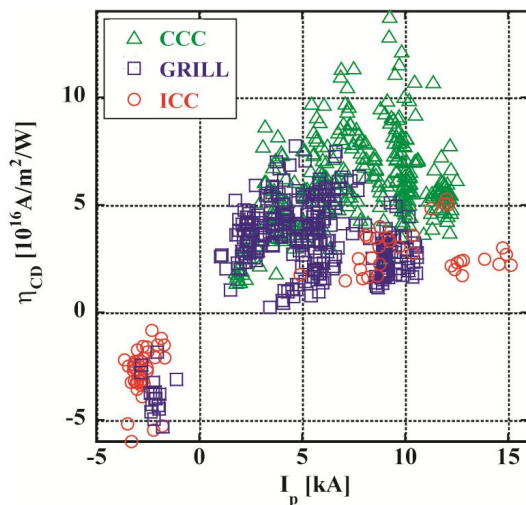


図3 異なるアンテナを用いた場合の電流駆動効率 $\eta_{CD}$ の比較。

接測った世界的にも高く評価される結果であり、波の挙動の理解に大きく貢献するものである。

アンテナからプラズマへの結合および励起されるLHWの波数スペクトルを改善するため、新たな概念にもとづく静電結合型コムライン(CCC)アンテナを開発・製作し、実験を開始した。これまで使った3種類の進行波アンテナでいずれも10~15kAのプラズマ電流が達成されているが、電流駆動効率 $\eta_{CD}$ は、新規に開発したCCCアンテナを使った場合に最も高い値が達成された(図3)。その理由は、CCCアンテナは13個のアンテナ素子をもつため、方向性が高く、シャープな波数スペクトルをもつLHW進行波を励起できるからだと考えられる。

RFパワー変調に対するX線の応答および粒子軌道計算の結果より、プラズマ周辺部で生成された高速電子の多くは損失してしまうことがわかった。これが電流駆動効率の低下の原因だと考えられる。磁場を高めれば波がプラズマ中心部に到達しやすくなり、プラズマ電流を高めれば軌道損失が減る。密度を高めると高速電子のエネルギーを制限し、軌道損失を制限できるが、高めすぎると電流駆動効率が急激に劣化する。高パワー入射で観測される密度上昇を抑えるため、ECWの入射が有効であることが実験で示された。またプラズマ前面の電子密度を減らすことができれば、波数スペクトルの更なる改善が期待できる。これらの方策により、電流駆動効率の改善が実現できると考えられる。

本研究ではST配位の自発的形成、波動計測による非線形波動現象やX線計測による高速電子の特性解明、波数スペクトルの最適化、新型アンテナの開発等、物理現象の解明に貢献する多くの成果を得た。これらの研究成果は核融合炉の経済性向上に見通しを与えるものであり、極めて重要である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計31件、すべて査読有)

[1] Y. Takase, A. Ejiri, H. Kakuda, T. Oosako, T. Shinya, T. Wakatsuki, T. Ambo, H. Furui, T. Hashimoto, J. Hiratsuka, H. Kasahara, K. Kato, R. Kumazawa, C.P. Moeller, T. Mutoh, A. Nakanishi, Y. Nagashima, K. Saito, T. Sakamoto, T. Seki, M. Sonehara, R. Shino, H. Togashi, O. Watanabe, T. Yamaguchi, "Non-inductive plasma initiation and plasma current ramp-up on the TST-2 spherical tokamak," Nucl. Fusion 53 (6), 063006 (2013). (2013.5.8, 6pages)

DOI:10.1088/0029-5515/53/6/063006

[2] T. Wakatsuki, A. Ejiri, H. Kakuda, Y. Takase, T. Ambo, H. Furui, T. Hashimoto, J. Hiratsuka, H. Kasahara, K. Kato, R. Kumazawa, Y. Nagashima, K. Saito, T. Sakamoto, T. Seki, F. Shimpo, R. Shino, T. Shinya, M. Sonehara, O. Watanabe, T. Yamaguchi, C. P. Moeller, "X-ray Measurements during Plasma Current Start-up Experiments using the Lower Hybrid Wave on the TST-2 Spherical Tokamak," IEEJ Trans. FM, 132 (7) 485-489 (2012). (2012.7.1, 5 pages)

DOI: 10.1541/ieejfms.132.485

[3] Y. Takase, A. Ejiri, H. Kakuda, Y. Nagashima, T. Wakatsuki, O. Watanabe, P. Bonoli, O. Meneghini, S. Shiraiwa, J. Wright, C. Moeller, H. Kasahara, R. Kumazawa, T. Mutoh, K. Saito, TST-2 Group, "Development of a plasma current ramp-up technique for spherical tokamaks by the lower hybrid wave," Nucl. Fusion 51, 063017 (2011). (2011.5.20, 9 pages)

DOI: 10.1088/0029-5515/51/6/063017

[4] O. Watanabe, A. Ejiri, H. Kurashina, T. Ohsako, Y. Nagashima, T. Yamaguchi, T. Sakamoto, B.I. An, H. Hayashi, H. Kobayashi, K. Yamada, H. Kakuda, J. Hiratsuka, K. Hanashima, T. Wakatsuki, Y. Takase, "Comparison of Hydrogen and Deuterium Plasmas in ECH Start-Up Experiment in the TST-2 Spherical Tokamak," Plasma Fusion Res. 5, S2032 (2010). (2010.12.10, 4 pages)

DOI: 10.1585/pfr.5.S2032

[5] H. Kurashina, A. Ejiri, Y. Takase, K. Hanashima, T. Sakamoto, O. Watanabe, Y. Nagashima, T. Yamaguchi, B. I. An, H. Kobayashi, H. Hayashi, K. Yamada, H. Matsuzawa, H. Kakuda, J. Hiratsuka, T. Wakatsuki, T. Oosako, "Electron Density Measurements of Non-inductive Start-up Plasmas in the TST-2 Spherical Tokamak," Plasma and Fusion Res. 5, 024 (2010). (2010.7.7, 3 pages)

DOI: 10.1585/pfr.5.024

[6] T. Wakatsuki, Y. Nagashima, T. Oosako, H. Kobayashi, B. I. An, H. Kakuda, T. Yamada, R. Imazawa, O. Watanabe, T. Yamaguchi, H.

Kurashina, H. Hayashi, K. Yamada, T. Sakamoto, K. Hanashima, J. Hiratsuka, S. Kamio, R. Hihara, K. Abe, M. Sakumura, Q. Cao, M. Inomoto, Y. Ono, A. Ejiri, Y. Takase, “Direct measurements of the high harmonic fast wave profile in the UTST spherical tokamak plasma,” *Plasma and Fusion Res.* 5, 018 (2010). (2010.6.4, 3 pages) DOI: 10.1585/pfr.5.018

[7] Y. Nagashima, T. Oosako, Y. Takase, A. Ejiri, O. Watanabe, H. Kobayashi, Y. Adachi, H. Tojo, T. Yamaguchi, H. Kurashina, K. Yamada, B. I. An, H. Kasahara, F. Shimpo, R. Kumazawa, H. Hayashi, H. Matsuzawa, J. Hiratsuka, K. Hanashima, H. Kakuda, T. Sakamoto, T. Wakatsuki, “Observation of beat oscillation generation by coupled waves associated with parametric decay during radio frequency wave heating of a spherical tokamak plasma,” *Phys. Rev. Lett.* 104 (24), 245002 (2010). (2010.6.16, 4 pages)

DOI: 10.1103/PhysRevLett.104.245002

[8] T. Oosako, Y. Takase, A. Ejiri, Y. Nagashima, Y. Adachi, H. Kasahara, T. Yamada, O. Watanabe, H. Tojo, S. Kainaga, J. Sugiyama, T. Yamaguchi, B. An, H. Hayashi, H. Kobayashi, H. Kurashina, H. Matsuzawa, K. Yamada, R. Kumazawa, F. Shimpo, Y. Ono, T. Masuda and M. Sasaki, “Parametric decay instability during high harmonic fast wave heating experiments on the TST-2 spherical tokamak,” *Nucl. Fusion* 49, 065020 (2009) (2009.6, 6 pages)

DOI: 10.1088/0029-5515/49/6/065020

[9] A. Ejiri, Y. Takase, T. Oosako, T. Yamaguchi, Y. Adachi, O. Watanabe, Y. Nagashima, B.I. An, H. Kobayashi, H. Kurashina, H. Hayashi, H. Matsuzawa, K. Yamada, H. Tojo, T. Masuda, M. Sasaki, R. Kumazawa, H. Kasahara and F. Shimpo, “Non-inductive plasma current start-up by EC and RF power in the TST-2 spherical tokamak,” *Nucl. Fusion* 49, 065010 (2009) (2009.5, 12 pages)

DOI: 10.1088/0029-5515/49/6/065010

他 22 件

〔学会発表〕(計 128 件)

[1] Y. Takase, et al., “Key issues, results and next research of TST-2 RF-only plasma experiments,” 2nd Workshop on QUEST and Related ST RF Startup and Sustainment Plasma Research, RIAM, Kyushu Univ., 2/24-26/14

[2] A. Ejiri, et al., “Diagnostic results and needs of flowing plasma equilibrium in TST-2,” 2nd Workshop on QUEST and Related ST RF Startup and Sustainment Plasma Research, RIAM, Kyushu Univ., 2/24-26/14

[3] Y. Takase, et al., “Overview of TST-2 experiment (invited),” The Second A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Tsinghua University, Beijing, China, 1/6-8/14

[4] N. Tsujii, et al., “Measurements of

Lower-Hybrid Waves with an Interferometer on the TST-2 Spherical Tokamak,” 55th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Denver, CO, USA, 11/11-15/13

[5] N. Tsujii, et al., “Studies of Lower-hybrid Startup Scenario on TST-2,” US-Japan Workshop on Physics of RF Heating of Fusion Plasmas 2013, MIT, Cambridge, MA, USA, 9/24-26/13

[6] Y. Takase, et al., “RF Plasma Start-up and Plasma Current Ramp-up Studies on TST-2 (invited),” 17th International Spherical Torus Workshop, University of York, York, UK, 9/16-19/13

[7] Y. Takase, et al., “Plasma Current Start-up and Self-Formation of Toroidal Configuration in Spherical Tokamak Devices,” Workshop on “Research on Advanced Material Systems in Joint Collaboration: RAIJIN under PIRE”, Rhiga Royal Hotel, Kyoto, 7/4-5/13

[8] Y. Takase, et al., “Characteristics of a Novel Lower Hybrid Wave Antenna for the TST-2 Spherical Tokamak,” 20th Topical Conference on Radio Frequency Power in Plasmas, Sorrento, Italy, 6/25-28/13

[9] Y. Takase, et al., “Plasma Start-up by LHW on TST-2 (invited),” Workshop on RF Startup and Sustainment, RIAM, Kyushu Univ., 2/26-3/1/13

[10] Y. Takase, et al., “TST-2: present status and future plan (invited),” 1<sup>st</sup> A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Seoul National University, Korea, 1/14-16/13

[11] Y. Takase, et al., “Non-inductive Plasma Initiation and Plasma Current Ramp-up on the TST-2 Spherical Tokamak,” 24<sup>th</sup> IAEA Fusion Energy Conference, San Diego, CA, USA, 10/8-13/12

[12] Y. Takase, et al., “Plasma current ramp-up by waves in the lower hybrid frequency range on TST-2,” 53rd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Salt Lake City, UT, USA, 11/14-18/11

[13] A. Ejiri, et al., “Equilibrium analysis of the RF start-up plasma on the TST-2 spherical tokamak device,” The Joint Meeting of 5th IAEA Technical Meeting on Spherical Tori & 16th International Workshop on Spherical Torus (ISTW2011) & 2011 US-Japan Workshop on ST Plasma, Toki, 9/27-30/11

[14] Y. Takase, et al., “Plasma Current Start-up Experiment using Waves in the Lower Hybrid Frequency Range in TST-2,” Joint Meeting of the 19th Topical Conference on Radio Frequency Power in Plasmas and the US-Japan RF Physics Workshop, Newport, RI, USA, 6/1-3/11

[15] Y. Takase, et al., “Development of a Plasma Current Ramp-up Technique for Spherical Tokamaks by the Lower-Hybrid Wave,” 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, 10/11-16/10

- [16] A. Ejiri, et al., “Non-inductive Plasma Current Start-up Experiments in the TST-2 Spherical Tokamak,” 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, 10/11-16/10
- [17] Y. Nagashima, et al., “Nonlinear phenomena of edge fluctuations in RF range during high harmonic fast wave heating experiments in the TST-2 spherical tokamak,” 2010 US-Japan RF Workshop, San Diego, CA, USA, 3/8-10/10
- [18] Y. Takase, et al., “RF Experiments on TST-2,” 52nd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Atlanta, GA, USA, 11/2-6/09
- [18] Y. Nagashima, et al., “Observation of non-locality of parametric decay during rf injection experiments on TST-2,” 52nd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Atlanta, GA, USA, 11/2-6/09
- [19] Y. Takase, et al., “RF Start-up, Heating and Current Drive Studies on TST-2 and UTST (invited),” 52nd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Atlanta, GA, USA, 11/2-6/09
- [20] Y. Takase, et al., “Equilibrium Analysis of EC-Sustained and RF-Sustained ST Plasmas,” The 18th Topical Conference on Radio Frequency Power in Plasmas, Gent, Belgium, 6/24-26/09
- 他 108 件

〔図書〕(計 4 件)

- [1] Y. Takase, C. P. Moeller, T. Shinya, T. Wakatsuki, A. Ejiri, H. Furui, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, K. Nakamura, A. Nakanishi, T. Oosako, M. Sonehara, H. Togashi, S. Tsuda, N. Tsujii, T. Yamaguchi, “Characteristics of a Novel Lower Hybrid Wave Antenna for the TST-2 Spherical Tokamak,” in Radiofrequency Power in Plasmas (Proc. 20th Top. Conf., Sorrento, Italy, 2013) (AIP, Melville, NY, 2014) pp. 462-465. doi: 10.1063/1.4864588
- [2] T. Wakatsuki, A. Ejiri, T. Shinya, Y. Takase, H. Furui, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, H. Kasahara, Y. Nagashima, K. Nakamura, A. Nakanishi, T. Oosako, K. Saito, T. Seki, F. Shimpo, M. Sonehara, H. Togashi, S. Tsuda, N. Tsujii, T. Yamaguchi, “Results of Lower Hybrid Wave Experiments Using a Dielectric Loaded Waveguide Antenna on TST-2,” in Radiofrequency Power in Plasmas (Proc. 20th Top. Conf., Sorrento, Italy, 2013) (AIP, Melville, NY, 2014) pp. 422-425. doi: 10.1063/1.4864578
- 他 2 件

〔その他〕

- [1] 球状トカマク研究の進展 - 核融合エネルギー開発に向けて - プラズマ・核融合学会誌 (小特集)

T. Maekawa, Y. Takase, K. Hanada, N. Yoshida, M. Nagata, Y. Ono, M. Inomoto, Y. Nagashima, Y. Nagayama, J. Plasma Fusion Res. 88 (12), 706-760 (2012).

[2] 週刊エネルギー通信第 1206 号 平成 23 年 12 月 23 日 (エンジニアリングニュース社) pp. 15-17 ST トカマク進展 LH 波で電流駆動

[3] 第 50 回プラズマ若手夏の学校 2011 年 8 月 8 日-11 日 プラズマ・核融合学会 プラズマ若手グループ (2011.8) プラズマ核融合学会 球状トカマク (ST) pp.143-152

東京大学柏キャンパス一般公開で研究内容を紹介。参加者約 2000 名。  
2013 年 10 月 25-26 日  
2012 年 10 月 26-27 日  
2011 年 10 月 21-22 日  
2010 年 10 月 29-30 日  
2009 年 10 月 30-31 日

前橋高校学生に研究を紹介。2010 年 11 月 11 日。参加者 50 名。

柏市市民団体に研究を紹介。2009 年 7 月 13 日。参加者 26 名。

ホームページ

[http://fusion.k.u-tokyo.ac.jp/research/kakenhi\\_h21.html](http://fusion.k.u-tokyo.ac.jp/research/kakenhi_h21.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高瀬 雄一 (TAKASE, Yuichi)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授  
研究者番号：70292828

(2) 研究分担者

江尻 晶 (EJIRI, Akira)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授  
研究者番号：30249966

永島 芳彦 (NAGASHIMA, Yoshihiko)  
九州大学・応用力学研究所・准教授  
研究者番号：90390632  
(H23 より連携研究者)

辻井 直人 (TSUJII, Naoto)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教  
研究者番号：20707351  
(H25 より)