

6.2 高瀬研究室

高瀬研究室では、核融合発電の実現を目指し、磁場閉じこめ型トーラスプラズマの研究を行っている。柏キャンパスに設置された TST-2 装置を用いた球状トカマク (ST) プラズマの基礎研究を行うと共に、日本原子力研究機構で建設中の JT-60SA 装置、核融合科学研究所の LHD 装置、京都大学の LATE 装置、九州大学の QUEST 装置、米国 MIT の Alcator C-Mod 装置、英国カラム研究所の MAST 装置等を使った共同研究も進めている。

6.2.1 TST-2 実験の概要

TST-2 は ST 型の装置であり、主なパラメーターはプラズマ大半径 0.38 m、小半径 0.25 m、最大プラズマ電流 120 kA、最大磁場 0.3 T である。ST は高い規格化圧力を安定に維持できる方式として近年注目を浴びており、当研究室では早い時期からその基礎研究を行ってきた。

ST 研究で現在最も重要な課題は、電磁誘導によらない電流駆動とそれによるプラズマ電流の立ち上げである。TST-2 は様々な種類の高周波 (RF) 波動を用いた電流駆動実験を行ってきたが、ここ数年は低域混成波 (Lower-Hybrid Wave: LHW) を用いた電流駆動研究を行っている。2013 年度は主としてグリルアンテナを用いて励起波動の波数を制御した実験を行い、駆動電流などの波数依存性を明らかにした。また、新たに静電結合型進行波励起 (Capacitively Coupled Compline: CCC) アンテナを設置し、実験を開始した。これらおよび過去に使用していた誘導結合型進行波励起 (Inductively Coupled Compline: ICC) アンテナの三種類のアンテナ性能を比較し、それぞれの特徴を明らかにした。また、励起された LHW の波数測定のため、RF 静電プローブの開発を行った。ICC アンテナは 2013 年に東京大学総合研究博物館で開催された宇宙資源展において展示された。

RF 立ち上げプラズマは密度が低く、波に加速された高速電子が平衡配位に大きな影響を与えるので、従来型トカマクプラズマとは全く異なる性質を持つと考えられる。このようなプラズマの性質を明らかにするため、先進的トムソン散乱法、電流を局所的に測定するためのロゴスキープローブを開発し、初期的な結果を得た。また、プラズマの乱流および輸送特性を明らかにするための新型プローブの開発も行っている。

6.2.2 RF プラズマ立ち上げ実験

LHW は従来型トカマクで高い電流駆動効率が実証されている波であるが、ST では磁場が低いため波がプラズマ内部に到達できず、効率的な電流駆動は望めないと考えられてきた。しかし、TST-2 ではプラズマ生成直後の低密度プラズマにおいては LHW が伝搬可能であることに着目し、LHW を用いた効率的なプラズマ電流立ち上げを目指した実験を行った。

ている。発振器の周波数は 200 MHz で、4 系統からそれぞれ 100 kW 程度（合計約 400 kW）の出力能力がある。

グリルアンテナ実験

2013 年度は LHW を直接励起可能なアンテナとして誘電体充填型導波管列（グリル）アンテナを用いた実験を前年度に引き続き行った。導波管列 LHW アンテナは種々のトカマク実験で用いられているが、200 MHz の基本導波管は TST-2 の真空ポートより大きいため、小型化するために比誘電率 10 のアルミナを充填している。

グリルアンテナにおいては、励起する LHW の磁場に平行方向の波数 (k_{\parallel}) を変化させ、加熱・電流駆動効率を変化させることができる。この特徴を生かし、TST-2 においてプラズマ電流立ち上げに最適な k_{\parallel} を探査する実験を行った。同程度のパワーを入射した時のプラズマ電流値の違い、そしてその時の硬 X 線放射エネルギースペクトルから、TST-2 では $n_{\parallel} = ck_{\parallel}/\omega = 1\text{--}6$ 程度が最適であることがわかった。

現在 TST-2 で得られている電流駆動効率は、単純な理論予測より二桁程度小さい。波により生成される高速電子の閉じ込めを調べるため、LHW のパワー変調実験を行い、軟 X 線強度の応答を観測し、X 線強度変調の位相遅れから、高速電子の閉じ込め時間を推定した。その結果、高速電子の損失は、バルク粒子との衝突から予想されるよりもずっと速いことが分かった。CQL3D フォッカープランクコードを用いた計算より、これは電子の軌道が直接真空容器壁にぶつかること（軌道損失）によると推定された。同コードを用いた計算から、プラズマ電流を 50 kA 程度まで増加させれば、高速電子の閉じ込めは改善され、電流駆動効率も改善されると予測された。

これらの実験においては、入射パワー数 100 W 以上で 50% を超える反射率が観測された。これは RF 電場のポンデロモーティブ力により、アンテナ前面のプラズマ密度が減少したことによると考えられる。実際、新たにアンテナ前面のプラズマ密度を測定するための静電プローブ列を導入したところ、反射率の変化と同期したプラズマ密度の変化が観測された。さらに、LHW の全波計算にポンデロモーティブ効果を取り入れた非線形シミュレーションを行ったところ、電子温度を 5–10 eV と仮定すると、実験において反射率の増加が起こるパワーの閾値を再現できることがわかった（図 6.2.1）。この電子温度は静電プローブで計測された値と矛盾しない。

TST-2 におけるポンデロモーティブ効果は他の大型トカマク装置で観測されているよりもずっと深刻である。その要因としては、誘電体を用いたことによる真空、ないしカットオフ密度以下のプラズマとのインピーダンス不整合の増加が考えられる。また、TST-2 では他の装置に比べて 1 ケタ以上低い周波数である $f = 200 \text{ MHz}$ を用いているので、ポンデロモーティブ効果 ($\propto 1/f^2$) そのものが大きい。この高い反射率のために 50 kW 以上の高パワー入射は

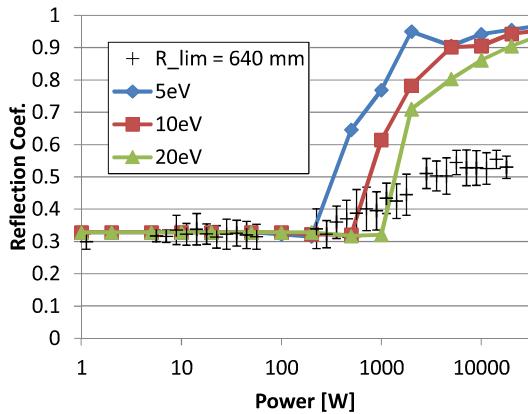


図 6.2.1: 計測された反射率のパワー依存性(黒十字)とポンデロモーティブ力の効果を取り入れた非線形シミュレーションの結果(実線付シンボル)。

難しく、低い周波数帯域でのグリルアンテナの運用は困難であることがわかった。

CCC アンテナ実験

上記グリルアンテナに加えて、米国 General Atomics 社と共同で開発した CCC アンテナを用いた LHW プラズマ電流立ち上げ実験を開始した。CCC アンテナは電流ロッド間の静電結合によって波が次々と隣の電流ロッドへ伝播していくことによりプラズマ中に LHW 進行波を励起する。アンテナにより励起される電場はトロイダル方向であり、LHW の偏波方向と一致するため、LHW の直接励起が可能である。アンテナ特性は 200 MHz で最適化されており、隣のロッドへ伝播する際に位相が約 60° ずつ遅れた場合、 $n_{\parallel} \simeq 5$ の波が励起される。

これまでに CCC アンテナを用いて最大 12 kA のプラズマ電流立ち上げに成功している。プラズマ電流値はトロイダル磁場に大きく依存するが、その依存性は他の 2 つのアンテナ(ICC アンテナ、グリルアンテナ)と同程度であった。一方、CCC アンテナの電流駆動効率 ($\eta = I_p R n_e / P_{LH}$ 、但し I_p はプラズマ電流、 R はプラズマ大半径、 n_e は電子密度、 P_{LH} は入力 RF パワー) は ICC アンテナと比べて 2~3 倍高いことがわかった(図 6.2.2)。これは、ICC アンテナの場合、励起される電場の偏波方向がポロイダル方向であるため、LHW の直接励起効率が低いことに起因すると考えられる。

6.2.3 OH プラズマ実験

トムソン散乱による分布関数非対称性計測

高温の核融合プラズマにおいては、閉じ込め磁場の方向に対して非等方にプラズマを加熱する場合、

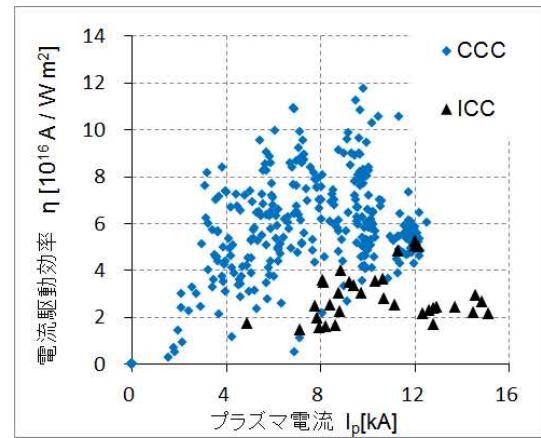


図 6.2.2: CCC アンテナと ICC アンテナの電流駆動効率の比較。

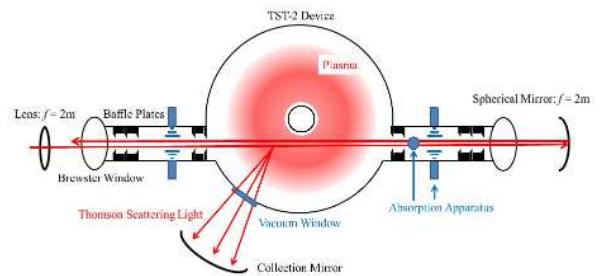


図 6.2.3: ダブルパストムソン散乱システムの模式図。

プラズマ圧力の磁場に平行成分(p_{\parallel})・垂直成分(p_{\perp})に差が生じ得る可能性がある。このような圧力非等方性によりプラズマ不安定性が起こる懸念もあるが、その測定手法は確立していない。そこで、TST-2においてダブルパストムソン散乱計測を行った。トムソン散乱計測ではプラズマ中にレーザーを入射し、その散乱光スペクトルより電子の速度分布を推定する。ダブルパス構成では入射レーザーを往復させ、散乱スペクトルを往路・復路で 2 度測定することで、プラズマ中の 2 方向の圧力成分をほぼ同時に測定することができる(図 6.2.3)。

測定誤差 4% 程度のシステムを構築し、OH プラズマ(電子密度 $\simeq 1 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ 、電子温度 $\simeq 100 \text{ eV}$)の測定を行った。その結果、中心部・周辺部においてそれぞれ 30%、100% の圧力非等方性($p_{\parallel} > p_{\perp}$)が観測された(図 6.2.4)。これは、磁場に平行方向の OH 電場により生じた圧力非等方性であると推測され、密度が低く緩和の遅い周辺部で特に強い非等方性が生じていると考えられる。また、電子の速度分布関数としてはシフトしたマクスウェル分布が単純であるが、磁場に平行な 2 方向(co/counter)と垂直方向の計 3 方向で異なる温度を持つ 3 温度モデルがより実際の分布に近いことが示された。

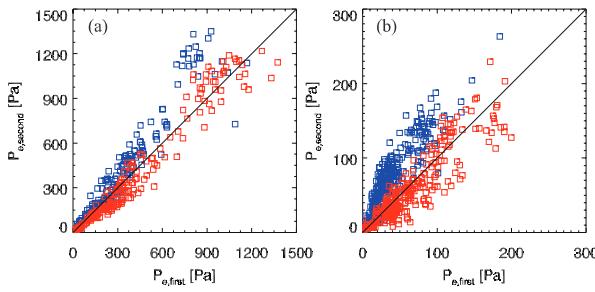


図 6.2.4: ダブルパストムソン散乱計測による OH プラズマ中心部 (a)、周辺部 (b) での圧力非等方性。
 $P_{e,\text{first}} \approx p_{\perp}$ 、 $P_{e,\text{second}} \approx p_{\parallel}$ 。青: プラズマ電流順方向、赤: 逆方向。

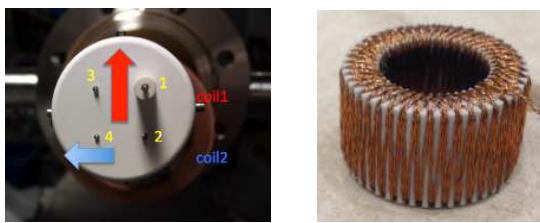


図 6.2.5: (左) 亂流計測用新型プローブ。(右) 小型多層巻ロゴスキーコイル。

静電プローブによる乱流測定

トカマクプラズマにおいて、プラズマフローの生成は乱流輸送の抑制に大きく寄与しうるが、これには速度揺動によるレイノルズ応力や磁場揺動によるマクスウェル応力が重要な役割を果たすと考えられる。そこで、フロー、レイノルズ応力、マクスウェル応力が同時に計測可能な新型プローブ(図 6.2.5、左)を開発し、TST-2 の誘導立上げ(OH) プラズマの弱磁場側の広い領域において測定を開始した。

6.2.4 計測器開発

LHW 計測用静電プローブ

RF 波動によるプラズマポテンシャル揺動は、浮遊電位の揺動として静電プローブで測定することができる。TST-2 において用いられている LHW の周波数は 200 MHz であり、このような高周波数帯域では計測器直前に 50Ω のインピーダンス整合が必要となるため、従来のプローブ回路では浮遊電位計測に必要な高インピーダンスを確保することができない。そこで、 $100 \text{ k}\Omega$ の抵抗をプローブ電極の直後に配置して、プラズマ中の LHW による浮遊電位の揺動をより正確に測定できる高抵抗内蔵型静電プローブを開発した(図 6.2.6)。計測された LHW の波数は $20 \pm 20 \text{ m}^{-1}$ であり、アンテナから励起された LHW の波数 $15\text{--}30 \text{ m}^{-1}$ と矛盾しない。

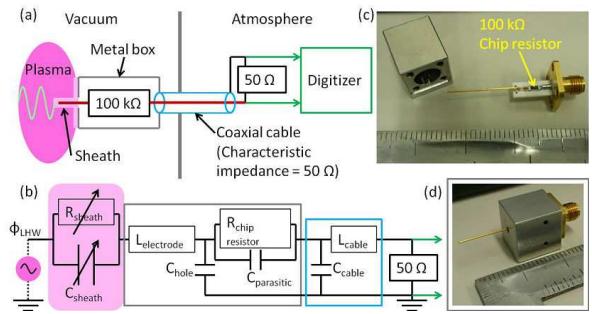


図 6.2.6: (a) 概念図、(b) 等価回路、(c) チップ抵抗と金属シールド、(d) プローブユニット。

小型ロゴスキーコイルによる局所電流計測

ST における RF 立ち上げプラズマでは、弱磁場側最外殻磁気面の外側に無視できない電流が流れている可能性が指摘されており、この場合、従来の OH プラズマにおける平衡モデルは適用できない。本研究では、小型ロゴスキーコイルによって電流分布を直接計測し、適切な平衡モデルを開発することを目指している。

ロゴスキーコイルとは、ソレノイドコイルをトロイダル状に巻いたものであり、その中心穴を貫通する電流の時間微分を測定する。ロゴスキーコイルの信号強度は巻き線密度 n とコイル断面積 S に比例する。トロイダル方向に沿って n と S が常に一定であるのが理想的であるが、そうでない場合、コイルの外側を流れる電流が生成する磁場にも感度を持ってしまう。局所電流計測にロゴスキーコイルを適用するには、できるだけ均一な n と S 、小型化を実現すること、また十分な信号強度を得るために n の増加が大きな課題である。

本研究では、これらの条件をクリアする小型多層巻ロゴスキーコイルを開発した(図 6.2.5、右)。均一な n と S を実現するため、コイル芯に溝を設けた。特に、1 ターンにわたってケーブルを固定できるよう、溝パターンを芯外側はすべて同相、内側の片側は外側の溝に対して同相、もう片側は位相を半分ずらしたものとした。小型コイル芯に大きな巻き線密度を実現するため、多層(8 層)巻きを採用了。また、耐久性を向上させるため、巻線には擦り線を使い、極細の線($\phi 0.12 \text{ mm}$)でコイルを製作した。このロゴスキーコイル(外形 20 mm)を用い、 $S/N > 10$ での OH プラズマの局所電流計測に成功した。

マルチパストムソン散乱計測

これまで TST-2 に設置されていたトムソン散乱計では、信号強度の問題で、RF により生成された低密度プラズマの計測は困難である。そこで、一回のレーザー入射でレーザーパルスがプラズマ中を複数回往復することで散乱光強度を稼ぐ、マルチパストムソン散乱計測法の開発を行っている。図 6.2.7 は、

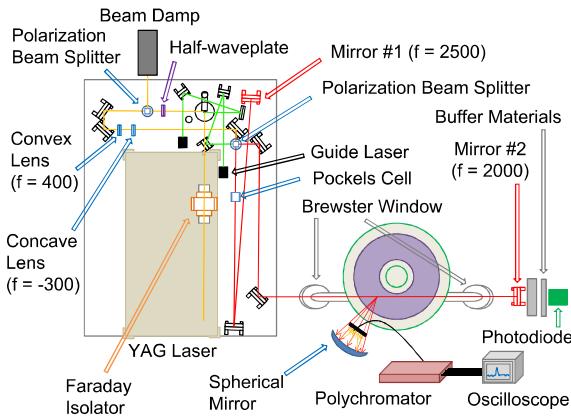


図 6.2.7: TST-2 マルチパストムソン散乱計測システムの概略図 [Rev. Sci. Instrum に投稿中]。

本研究で設計・開発した光学キャビティと性能試験に用いた測定器、集光・計測システムの概略図である。ポッケルスセルへの印加電圧をレーザーの発振タイミングと同期して高速に制御することで、10 往復分以上のレーザーパルスが図 6.2.7 におけるミラー間の赤い線上に閉じ込められていることを確認した [2]。この光学系を用いて高密度プラズマを対象に実験を行い、複数往復分の散乱信号が得られることを確認した。

マルチパス計測で電子温度・密度を見積もる際は、往復ごとに得られる信号を積算するため、同時にノイズも加わる。 n 往復分の積算信号は往復ごとの効率 q の等比級数として表すことができ、本実験において主なノイズである熱雑音は n 回の積算によってその平方根で増加していく。つまり、効率が 100% でない場合、S/N の改善に有効な往復回数には限界がある。実験データから見積もられた積算数ごとの規格化 S/N 比と、実験時の光学系の効率 $q = 70\%$ における計算結果は同様の傾向を示しており、3 往復分の信号の積算で最大 30% 程度 S/N が改善されることが示された。

6.2.5 共同研究

LHD における反射計計測

RF 波動はプラズマの加熱や電流駆動に用いられるが、その理解のために、プラズマ中で RF 波動を計測する手段の確立が求められている。マイクロ波反射計はプラズマ中で反射したマイクロ波の位相を測定するものであり、微小な電子密度揺動を測定できることから、RF 波動計測手法として注目されている。本研究室では核融合科学研究所の LHD 装置においてイオンサイクロotron 周波数帯 (ICRF) における波動 (38.47 MHz) の計測を行っている。2013 年度の計測では波動由来の密度揺動レベルが小半径位置、ICRF 入射パワー、少数イオン密度比に依存することが確認された。また、入射パワーに対する

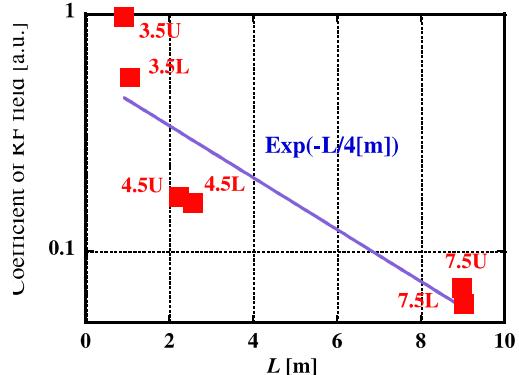


図 6.2.8: RF 電場強度のアンテナからの距離依存性。

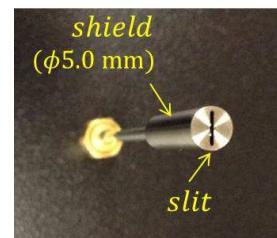


図 6.2.9: 4.6 GHz 用 RF 磁気プローブ。

波動電場強度依存性から、線形性が満たされる場合とそうでない場合があることが分かった。LHD 装置には 3 セット、合計 6 本のアンテナが設置されており、反射計測位置から各アンテナまでの距離が異なる。そこで、各アンテナからパワーを入射した時に計測される波動揺動の大きさを比較した。図 6.2.8 は波動揺動の大きさを、磁力線に沿った距離の関数としてプロットしたものであり、距離とともに揺動レベルが小さくなることがわかる。指数関数的依存性を仮定すると、その減衰長はおよそ 4 m で、この特性長は波動の吸収を反映すると考えられる。

MIT における LHW 計測用プローブ開発

Alcator C-Mod において LHW (4.6 GHz) 計測用磁気プローブの開発を行った (図 6.2.9)。磁気信号は、シールドの先端にあるスリットから浸みこみ、2 ターンコイルで検出される。ベンチテストでは 1.5% の精度で波数計測が可能であることが分かった。

<報文>

(原著論文)

- [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, and T. Yamaguchi: Non-inductive plasma initiation and plasma current ramp-up on the TST-2 spherical tokamak, *Nucl. Fusion* **53** (2013) 063006.
- [2] H. Togashi, A. Ejiri, M. Hasegawa, J. Hiratsuka, Y. Nagashima, K. Nakamura, K. Narihara, Y. Takase, H. Tojo, N. Tsujii, I. Yamada, T. Yamaguchi, and the TST-2 Team: Injection and Confinement of a Laser Pulse in an Optical Cavity for Multi-Pass Thomson Scattering Diagnostics in the TST-2 Spherical Tokamak Device, *Plasma Fusion Res.* **9** (2014) 1202005.

(会議抄録)

- [3] A. Ejiri, T. Tokuzawa, K. Saito, T. Seki, H. Kasahara, T. Mutoh, R. Kumazawa, I. Yamada, and Y. Takase: Measurement of Radio Frequency Wave Induced Electron Density Fluctuations by a Microwave Reflectometer on LHD, *JPS Conf. Proc.* **1** (2014) 015038.
- [4] A. Ejiri: Analysis of Office/Laboratory Staying Hour and Home Working Hour of Japanese Scientists and Engineers, *JPS Conf. Proc.* **1** (2014) 018004.

(学位論文)

- [5] 平塚淳一: A Study of Electron Velocity Distribution Function in TST-2 Spherical Tokamak Plasma by Double-Pass Thomson Scattering Diagnostics (博士論文)
- [6] 若月琢馬: A Study of Non-Inductive Plasma Current Start-Up Using the Lower Hybrid Wave in the TST-2 Spherical Tokamak (博士論文)
- [7] 中西綾香: TST-2 球状トカマクにおける高周波生成プラズマの電子密度の挙動 (修士論文)
- [8] 富樫央: Development of a Multi-pass Thomson Scattering System on the TST-2 Spherical Tokamak (修士論文)

<学術講演>

(国際会議)

一般講演

- [9] 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, and T. Yamaguchi: Characteristics of a novel lower hybrid wave antenna for the TST-2 spherical tokamak, 20th Topical Conference on RF Power in Plasmas, Sorrento, Italy, Jun. 25–28, 2013.
- [10] 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. Shinpo, M. Sonehara, H. Togashi, S. Tsuda, N. Tsujii, and T. Yamaguchi: Results of lower hybrid wave experiments using a dielectric loaded waveguide array antenna on TST-2, 20th Topical Conference on RF Power in Plasmas, Sorrento, Italy, Jun. 25–28, 2013.

- [11] Y. Takase, A. Ejiri, C. P. Moeller, T. Shinya, N. Tsujii, T. Wakatsuki, H. Furui, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, H. Kurashina, K. Nakamura, A. Nakanishi, T. Oosako, Y.-K. M. Peng, M. Sonehara, H. Togashi, S. Tsuda, and T. Yamaguchi: 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, Japan, Jul. 4–5, 2013.
- [12] M. Sonehara, Y. Nagashima, A. Ejiri, Y. Takase, H. Furui, H. Kakuda, T. Oosako, T. Yamaguchi, J. Hiratsuka, T. Wakatsuki, H. Togashi, A. Nakanishi, T. Inada, K. Imamura, S. Tsuda, and K. Nakamura: Observation of edge fluctuations with a composite probe system in the TST-2 spherical tokamak 3rd East-Asian School and Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, National Olympics Memorial Youth Center, Yoyogi, Japan, Jun. 8–12, 2013.
- [13] H. Furui, Y. Nagashima, Y. Takase, A. Ejiri, H. Kakuda, M. Sonehara, T. Oosako, T. Shinya, H. Togashi, A. Nakanishi, J. Hiratsuka, T. Yamaguchi, T. Wakatsuki, T. Inada, K. Imamura, S. Tsuda, and K. Nakamura: Development of a local plasma current diagnostic using small Rogowski coil in the TST-2 spherical tokamak, East-Asian School and Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, National Olympics Memorial Youth Center, Yoyogi, Japan, Jun. 8–12, 2013.
- [14] T. Shinya, A. Ejiri, Y. Takase, T. Oosako, H. Kakuda, T. Wakatsuki, T. Yamaguchi, J. Hiratsuka, M. Sonehara, H. Furui, H. Togashi, A. Nakanishi, T. Inada, K. Imamura, S. Tsuda, K. Nakamura, K. Saito, T. Kasahara, T. Seki, and F. Shinpo: Identification of Waves by Magnetic Probes during Lower Hybrid Wave Injection Experiments on the TST-2 Spherical Tokamak 3rd East-Asian School and Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, National Olympics Memorial Youth Center, Yoyogi, Japan, Jun. 8–12, 2013.
- [15] C. P. Moeller, R. Prater, Y. Takase, and T. Shinya: Traveling Wave Antenna Developments, Workshop on RF Heating Technology of Fusion Plasmas 2013, Speyer, Germany, Sep. 9–11, 2013.
- [16] N. Tsujii, A. Ejiri, H. Furui, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, K. Nakamura, A. Nakanishi, T. Oosako, T. Shinya, M. Sonehara,

- Y. Takase, H. Togashi, S. Tsuda, T. Wakatsuki, T. Yamaguchi, C. P. Moeller, and Y. K. M. Peng: Studies of Lower-hybrid Startup Scenario on TST-2, US-Japan Workshop on Physics of RF Heating of Fusion Plasmas 2013, MIT PSFC, Cambridge, MA, USA, Sep. 24–26, 2013.
- [17] T. Shinya, C. P. Moeller, Y. Takase, T. Wakatsuki, A. Ejiri, N. Tsujii, T. Oosako, H. Kakuda, T. Yamaguchi, J. Hiratsuka, M. Sonehara, H. Furui, H. Togashi, A. Nakanishi, T. Inada, K. Imamura, S. Tsuda, and K. Nakamura: Performance of the newly developed electrostatically-coupled combline antenna for TST-2, US-Japan Workshop on Physics of RF Heating of Fusion Plasmas 2013, MIT PSFC, Cambridge, MA, USA, Sep. 24–26, 2013.
- [18] S. G. Baek, P. T. Bonoli, R. R. Parker, S. Shiraiwa, G. M. Wallace, M. Porkolab, Y. Takase, D. Brunner, I. C. Faust, A. E. Hubbard, B. LaBombard, and C. Lau: Study of parametric decay instability of lower hybrid waves on Alcator C-Mod, US-Japan Workshop on Physics of RF Heating of Fusion Plasmas 2013, MIT PSFC, Cambridge, MA, USA, Sep. 24–26, 2013.
- [19] N. Tsujii, A. Ejiri, H. Furui, J. Hiratsuka, H. Ikeuchi, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, K. Nakamura, A. Nakanishi, T. Oosako, T. Shinya, M. Sonehara, Y. Takase, H. Togashi, S. Tsuda, T. Wakatsuki, S. Yajima, T. Yamaguchi, and C. P. Moeller: Measuring Lower-Hybrid Waves with Microwave Scattering on the TST-2 Spherical Tokamak, 55th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Denver, Colorado, Nov. 11–15, 2013.
- [20] S. G. Baek, P. T. Bonoli, R. R. Parker, S. Shiraiwa, G. M. Wallace, M. Porkolab, Y. Takase, D. Brunner, I. C. Faust, A. E. Hubbard, B. L. Labombard, and C. Lau: Characterization of onset of parametric decay instability of lower hybrid waves in ITER-relevant high-density plasmas, 55th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Denver, Colorado, Nov. 11–15, 2013.
- [21] T. Shinya, A. Ejiri, Y. Takase, T. Wakatsuki, T. Oosako, N. Tsujii, H. Furui, J. Hiratsuka, T. Inada, K. Imamura, H. Kakuda, K. Nakamura, A. Nakanishi, M. Sonehara, H. Togashi, S. Tsuda, T. Yamaguchi, T. Kasahara, K. Saito, T. Seki, F. Shimpo, Y. Nagashima, O. Watanabe, T. Yamada: Identification of Waves by RF Magnetic Probes during Lower Hybrid Wave Injection Experiments on the TST-2 Spherical Tokamak, 23rd Int. Conf. (ITC-23) on Large-Scale Simulation and Fusion Science, Toki, Nov. 18–21, 2013.
- [22] H. Furui, Y. Nagashima, Y. Takase, A. Ejiri, H. Kakuda, M. Sonehara, T. Oosako, N. Tsujii, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, A. Nakanishi, T. Shinya, H. Togashi, T. Yamaguchi, T. Wakatsuki: Development of a local current diagnostic us-
- ing small Rogowski coil for a spherical tokamak TST-2, 23rd Int. Conf. (ITC-23) on Large-Scale Simulation and Fusion Science, Toki, Nov. 18–21, 2013.
- [23] H. Togashi, A. Ejiri, J. Hiratsuka, K. Nakamura, Y. Takase, T. Yamaguchi, H. Furui, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, A. Nakanishi, T. Oosako, T. Shinya, M. Sonehara, S. Tsuda, N. Tsujii, T. Wakatsuki, M. Hasegawa, Y. Nagashima, K. Narihara, I. Yamada, H. Tojo: Development of coaxial multi-pass Thomson scattering diagnostic system on the TST-2 spherical tokamak, 23rd Int. Conf. (ITC-23) on Large-Scale Simulation and Fusion Science, Toki, Nov. 18–21, 2013.
- [24] Y. K. M. Peng, A. Ishida, Y. Takase, A. Ejiri, N. Tsujii, T. Maekawa, M. Uchida, H. Zushi, K. Hanada, M. Hasegawa: Two-Fluid MHD Equilibrium Considerations of $Te/Ti \gg 1$, Collisionless Plasmas Sustained by RF Electron Heating, 23rd Int. Conf. (ITC-23) on Large-Scale Simulation and Fusion Science, Toki, Nov. 18–21, 2013.
- [25] H. Tojo, I. Yamada, R. Yasuhara, E. Yatsuka, H. Funaba, H. Hayashi, T. Hatae, K. Itami, A. Ejiri, J. Hiratsuka, H. Togashi, and Y. Takase: Validities in measurements of electron temperature and relative transmissivity in Thomson scattering systems on LHD and TST-2, 23rd Int. Conf. (ITC-23) on Large-Scale Simulation and Fusion Science, Toki, Nov. 18–21, 2013.
- [26] T. Shinya, C. P. Moeller, Y. Takase, T. Wakatsuki, T. Inada, H. Kakuda, N. Tsujii, T. Oosako, A. Ejiri, H. Furui, J. Hiratsuka, K. Imamura, A. Nakanishi, K. Nakamura, M. Sonehara, S. Tsuda, H. Togashi, and T. Yamaguchi: Non-inductive plasma current start-up using the lower hybrid wave excited by an electrostatically-coupled combline antenna on TST-2, The Second A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Tsinghua University, Beijing, China, Jan. 6–8, 2014.
- [27] H. Furui, Y. Nagashima, Y. Takase, A. Ejiri, H. Kakuda, M. Sonehara, T. Oosako, N. Tsujii, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, A. Nakanishi, T. Shinya, H. Togashi, T. Yamaguchi, and T. Wakatsuki: Development of a local current diagnostic using small Rogowski coil for a spherical tokamak TST-2, The Second A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Tsinghua University, Beijing, China, Jan. 6–8, 2014.
- [28] K. Imamura, Y. Takase, A. Ejiri, T. Wakatsuki, N. Tsujii, T. Oosako, J. Hiratsuka, T. Yamaguchi, H. Kakuda, M. Sonehara, H. Furui, T. Shinya, H. Togashi, A. Nakanishi, T. Inada, S. Tsuda, and K. Nakamura: Radial X-ray profile measurement on TST-2, The Second A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Tsinghua University, Beijing, China, Jan. 6–8, 2014.
- [29] T. Inada, Y. Takase, T. Wakatsuki, T. Shinya, A. Ejiri, N. Tsujii, T. Oosako, T. Yamaguchi,

- H. Kakuda, J. Hiratsuka, M. Sonehara, H. Furui, H. Togashi, A. Nakanishi, K. Imamura, S. Tsuda, and K. Nakamura: Performance evaluation of the TST-2 electrostatically-coupled combline antenna using COMSOL, The Second A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Tsinghua University, Beijing, China, Jan. 6–8, 2014.
- [30] S. Tsuda, A. Ejiri, Y. Takase, N. Tsujii, T. Oosako, T. Yamaguchi, T. Wakatsuki, H. Kakuda, J. Hiratsuka, M. Sonehara, T. Shinya, H. Furui, H. Togashi, A. Nakanishi, T. Inada, K. Imamura, and K. Nakamura: Measurement of ion temperature and flow in RF-start up plasmas on TST-2, The Second A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Tsinghua University, Beijing, China, Jan. 6–8, 2014.
- [31] K. Nakamura, A. Ejiri, J. Hiratsuka, Y. Takase, H. Togashi, N. Tsujii, T. Yamaguchi, and TST-2 member: Measurement of the internal reconnection event using a double-pass Thomson scattering system on TST-2, The Second A3 Foresight Workshop on Spherical Torus, Tsinghua University, Beijing, China, Jan. 6–8, 2014.
- [32] A. Ejiri: Diagnostic results and needs of flowing plasma equilibrium in TST-2, 2nd workshop on QUEST and related ST RF startup and sustainment research, Kyushu University, Kasuga, Feb. 24–26, 2014.
- [33] Y. Takase: Key issues, results and next research of TST-2 RF-only plasma experiments, 2nd workshop on QUEST and related ST RF startup and sustainment research, Kyushu University, Kasuga, Feb. 24–26, 2014.
- 招待講演**
- [34] S. G. Baek, P. T. Bonoli, R. R. Parker, S. Shiraiwa, G. M. Wallace, M. Porkolab, Y. Takase, D. Brunner, I. C. Faust, A. E. Hubbard, B. L. LaBombard, and C. Lau: Characterization of onset of parametric decay instability of lower hybrid waves, 20th Topical Conference on RF Power in Plasmas, Sorrento, Italy, Jun. 25–28, 2013.
- [35] Y. Takase, A. Ejiri, C. P. Moeller, T. Shinya, N. Tsujii, T. Wakatsuki, H. Furui, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, H. Kurashina, K. Nakamura, A. Nakanishi, T. Oosako, Y.-K. M. Peng, M. Sonehara, H. Togashi, S. Tsuda, and T. Yamaguchi: RF Plasma Start-up and Plasma Current Ramp-up Studies on TST-2, 17th International Spherical Torus Workshop, University of York, York, UK, Sep. 16–19, 2013.
- (国内会議)**
- 一般講演**
- [36] 辻井直人, TST-2 グループ: TST-2 における低域混成波立ち上げプラズマ, 第8回 QUEST 研究会, 九州大学筑紫キャンパス, 2013 年 6 月 29–30 日.
- [37] T. Shinya, C. P. Moeller, Y. Takase, T. Wakatsuki, A. Ejiri, T. Oosako, H. Kakuda, T. Yamaguchi, J. Hiratsuka, M. Sonehara, H. Furui, H. Togashi, A. Nakanishi, T. Inada, K. Imamura, S. Tsuda, K. Nakamura, K. Saito, T. Kasahara, T. Seki, and F. Shinbo: TST-2 球状トカマクにおける静電結合型コムラインアンテナを用いた電流立ち上げ実験, ST 研究会, 核融合科学研究所, 土岐, 2013 年 8 月 5–6 日.
- [38] 富樫央, 江尻晶, 平塚淳一, 山口隆史, 中村京春, 高瀬雄一, 稲田拓真, 今村和宏, 大迫琢也, 角田英俊, 新屋貴浩, 曽根原正晃, 辻井直人, 津田慎太郎, 中西綾香, 古井宏和, 若月琢磨, 永島芳彦, 長谷川真, 成原一途, 山田一博, 東條寛: TST-2 における同軸マルチパストムソン散乱システムの開発, ST 研究会, 核融合科学研究所, 土岐, 2013 年 8 月 5–6 日.
- [39] 古井宏和, 永島芳彦, 高瀬雄一, 江尻晶, 角田英俊, 曽根原正晃, 大迫琢也, 辻井直人, 新屋貴浩, 富樫央, 中西綾香, 平塚淳一, 山口隆史, 若月琢磨, 今村和弘, 稲田拓真, 津田慎太郎, 中村京春: 小型ロゴスキーコイルを用いた局所電流計測の開発, ST 研究会, 核融合科学研究所, 土岐, 2013 年 8 月 5–6 日.
- [40] M. Sonehara, Y. Nagashima, A. Ejiri, Y. Takase, H. Furui, H. Kakuda, T. Oosako, T. Yamaguchi, J. Hiratsuka, T. Wakatsuki, H. Togashi, A. Nakanishi, T. Inada, K. Imamura, S. Tsuda, and K. Nakamura: TST-2 球状トカマク装置における静電プローブによる運動量輸送計測, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 徳島大学 常三島キャンパス, 2013 年 9 月 25–28 日 (28pKB-3)
- [41] 富樫央, 江尻晶, 高瀬雄一, 平塚淳一, 山口隆史, 中村京春, 永島芳彦, 長谷川真, 山田一博, 成原一途: TST-2 球状トカマクにおける偏光制御型同軸マルチパストムソン散乱計測システムの開発, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 徳島大学 常三島キャンパス, 2013 年 9 月 25–28 日 (28pKB-5)
- [42] 出射浩, 団子秀樹, 花田和明, 假家強, 今井剛, Mishra Kishore, 渡邊理, 山口隆史, 江尻晶, 高瀬雄一, 恩地拓己, 鈴川楨一郎, 三浦弘貴, 中村一男, 長谷川真, 藤澤彰英, 永島芳彦, 吉田直亮, 渡辺英雄, 徳永和俊, 東島亜紀, 川崎昌二, 中島寿年, 御手洗修, 前川孝, 福山淳, QUEST グループ: QUEST 装置における電子バーンシュタイン波加熱・電流駆動実験に向けた非誘導電流駆動実験, プラズマ・核融合学会 第 30 回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013 年 12 月 3–6 日 (04pC07).
- [43] 富樫央, 江尻晶, 平塚淳一, 山口隆史, 中村京春, 高瀬雄一, 稲田拓真, 今村和宏, 大迫琢也, 角田英俊, 新屋貴浩, 曽根原正晃, 辻井直人, 津田慎太郎, 中西綾香, 古井宏和, 若月琢磨, 永島芳彦, 長谷川真, 成原一途, 山田一博, 東條寛: TST-2 球状トカマク装置における同軸マルチパストムソン散乱計測法の開発, プラズマ・核融合学会 第 30 回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013 年 12 月 3–6 日 (05aE07P).
- [44] 古井宏和, 永島芳彦, 高瀬雄一, 江尻晶, 角田英俊, 曽根原正晃, 大迫琢也, 辻井直人, 平塚淳一, 今村和弘, 稲田拓真, 中村京春, 中西綾香, 新屋貴浩, 富樫央, 津田慎太郎, 若月琢磨, 山口隆史: TST-2 における小型

- ロゴスキーコイルを用いた局所電流計測の開発, プラズマ・核融合学会 第30回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013年12月3–6日 (05aE08P).
- [45] 三瓶明希夫, 政宗貞男, 田中裕之, 西村香苗, 石井豪, 上羽涼太, 小寺良典, 比村治彦, 秋山毅志, 大館暁, 水口直紀, 川端一男, 江尻晶, 小口治久, D. J. Denhartog, K. J. McCollam, R. Paccagnella: RELAXにおける球状RFPプラズマ研究の現状と今後の展開, プラズマ・核融合学会 第30回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013年12月3–6日 (05pE56P).
- [46] 上羽涼太, 政宗貞男, 三瓶明希夫, 田中裕之, 西村香苗, D. J. Denhartog, 小口治久, 江尻晶, 秋山毅志, 川端一男, 比村治彦: 球状RFP装置RELAXにおけるトムソン散乱測定による電子温度計測, プラズマ・核融合学会 第30回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013年12月3–6日 (05pE57P).
- [47] 福本直之, 花田和明, 永田正義, 鈴川慎一郎, 恩地拓己, Santanu Banerjee, Kishore Mishra, 山口隆史, 平塚淳一, 団子秀樹, 御手洗修, 松岡啓介, 出射浩, 長谷川真, 中村一男, 藤澤彰英, 江尻晶, 高瀬雄一, 永島芳彦, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀, 菊池祐介, Roger Raman: QUESTにおける燃料粒子補給のためのコンパクト・トーラス入射実験, プラズマ・核融合学会 第30回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013年12月3–6日 (05pE61P).
- [48] 江尻晶: LHDにおける精密科学を目指した計測, プラズマ・核融合学会 第30回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013年12月3–6日 (SIV-3).
- [49] 高瀬雄一: インフォーマルミーティング I: ITPA及び物理クラスターの現状「ITER研究計画の現状およびITERリサーチニーズ」, プラズマ・核融合学会 第30回年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2013年12月3–6日.
- [50] 江尻晶, 徳澤季彦: LHDにおけるマイクロ波反射計を用いた波動計測, 光・ミリ波・マイクロ波を用いた計測技術・解析モデルの開発とその応用に関する研究集会, 九州大学応用力学研究所, 春日, 2014年1月28–29日.
- [51] T. Wakatsuki, A. Ejiri, T. Shinya, Y. Takase, H. Furui, J. Hiratsuka, K. Imamura, T. Inada, H. Kakuda, Y. Nagashima, K. Nakamura, A. Nakanishi, T. Oosako, M. Sonehara, H. Togashi, S. Tsuda, N. Tsujii, and T. Yamaguchi: TST-2球状トカマクにおける誘電体充填型導波管列アンテナを用いたプラズマ電流立ち上げ, 第3回ICRF加熱研究会「ICRF加熱装置の高性能化と将来応用」, 核融合科学研究所, 2014年2月21日.
- [52] 江尻晶, 徳澤季彦: LHDにおけるマイクロ波反射計を用いた波動計測, 第3回ICRF加熱研究会「ICRF加熱装置の高性能化と将来応用」, 核融合科学研究所, 2014年2月21日.
- [53] 平塚淳一, 江尻晶, 高瀬雄一, 山口隆史, 富樫央, 中村京春, 東條寛, 長谷川真, 永島芳彦, TST-2グループ: ダブルパストムソン散乱計測を用いた2方向圧力同時計測, 第17回若手科学者によるプラズマ研究会, 日本原子力研究開発機構那珂核融合研究所, 那珂, 2014年3月5–6日.
- [54] 古井宏和, 永島芳彦, 高瀬雄一, 江尻晶, 角田英俊, 曽根原正晃, 大迫琢也, 辻井直人, 平塚淳一, 今村和宏, 稲田拓真, 中西綾香, 新屋貴浩, 富樫央, 山口隆史, 若月琢馬: TST-2球状トカマクにおける小型ロゴスキーコイルを用いた局所電流計測, 第17回若手科学者によるプラズマ研究会, 日本原子力研究開発機構那珂核融合研究所, 那珂, 2014年3月5–6日.
- [55] 江尻晶, 徳澤季彦, 斎藤健二, 関哲夫, 笠原寛史, 武藤敬, 關良輔, 神尾修治, 山田一博, 高瀬雄一: LHDにおけるマイクロ波反射計を用いた波動測定, 日本物理学会第69回年次大会, 平塚、東海大学 湘南キャンパス, 2014年3月27–30日 (28pAX-1).
- [56] 平塚淳一, 江尻晶, 高瀬雄一, 山口隆史, 富樫央, 中村京春, 東條寛, 長谷川真, 永島芳彦, TST-2グループ: ダブルパストムソン散乱計測を用いたプラズマ電流密度計測手法の開発, 日本物理学会第69回年次大会, 平塚, 東海大学 湘南キャンパス, 2014年3月27–30日 (28pAX-5).
- [57] 古井宏和, 永島芳彦, 高瀬雄一, 江尻晶, 角田英俊, 曽根原正晃, 大迫琢也, 辻井直人, 平塚淳一, 今村和宏, 稲田拓真, 中西綾香, 新屋貴浩, 富樫央, 山口隆史, 若月琢馬: TST-2球状トカマクにおける小型ロゴスキーコイルを用いた局所電流計測の開発, 日本物理学会第69回年次大会, 平塚, 東海大学 湘南キャンパス, 2014年3月27–30日 (28aAE-4).