Ｘ プラズマ研究グループ

教授　　今井　剛、中嶋洋輔、坂本瑞樹
准教授　　吉川正志、假家　強、南龍太郎
講師　　小波蔵純子、平田真史、沼倉友晴
助教　　池添竜也
シニアスタッフ　　大川和夫
大学院生　　２０名
学群学生　　１３名

共同研究者
准教授　　片沼伊佐夫、江角直道（物理工学域）
研究員　　市村　真，東郷　訓，飯島貴朗

研究協力者
技術専門官　　杉山昭彦
技術専門職員　　和所保規、遠藤洋一、嶋　頼子、千勝雅之
研究支援推進員　　岡崎　昇
大学院生　　０名
学群学生　　５名

【１】大学法人化に向けての、当該プラズマグループの研究の方針・基本理念

当プラズマ研究グループでは、平成１６年度から実施された大学の法人化に伴う筑波大学の「中期計画」に則り、筑波大学が世界に広く貢献できる優れた研究成果の創出の一端を担うことを使命として、下記の様に研究の新展開を図ることを基本方針・基本理念としている。

法人化後の新制度のもと、グループ教職員学生一丸となり研究に邁進し、当該グループとして、数理物質科学研究科の中期目標・中期計画の推進はもとより、国立大学法人筑波大学第Ⅲ期中期目標・中期計画の「４　世界トップレベルの研究の推進に向けての目標を達成するための措置」として、「25 国内外の大学等の県之間との連携の強化として双方向型共同研究」が、第Ⅱ期に引き続き、明記されていることは、本学のプラズマ研究の歴史を拓いた当該グループとしても、その責務を重く受け止め、応分の貢献を行うことを目指すことは、法人化後の一貫した研究姿勢である。

また、上記「筑波大学 中期計画」等に基づき、平成１６年度から新たに立ち上った双方向型共同研究の枠組みを背景に、第Ⅱ期、第Ⅲ期中期計画においても、核融合科学研究所と、筑波大学、京都大学、大阪大学、九州大学の４大学を中心に、近年新たに加わった東北大学、富山大学、更に講座単位の各大学との、共同研究を積極的に推進し、普遍性の高い学術成果と、それに基づく核融合実用への基盤研究を進めており、第Ⅲ期中期計画の初年である平成２８年度においても、更に双方向型共同研究の深化と国内外の共同研究の強化に務めている。

学内にあっては、プラズマ研究センターをはじめとする連携協力研究・教育、その他の

学内の関連グループとの共同研究、更には国内・国外のプラズマ研究グループとの緊密な連携・研究協力の基に、顕著な成果の創造・推進を図ることを基本理念・基本目標・基本方針に掲げ、教職員学生一丸となり、日夜努力を積み重ねている。

【２】プラズマ研究の研究目的と意義・位置づけ

物理学専攻のプラズマ実験グループが主体となって研究しているプラズマ研究センターでは、「プラズマ物理学、特に電位／電場によるプラズマ閉じ込めの向上、並びにプラズマの高性能化に係る教育・研究」等を行うことが、中期計画・新しい筑波大学規則・規定に則した研究目的の柱である。本研究目的は、核融合実用に必要不可欠で喫緊の課題である「数億度の高性能プラズマと常温壁の両立の理工学研究」を行い、プラズマ物理・核融合研究の進展に本質的且つ普遍的な貢献を行うという、プラズマ核融合分野全体に広く役立つ、重要な位置づけを持つ。

この研究は、延いては国際熱核融合実験炉 ITER の心臓部である、核融合炉心プラズマの高閉じ込めＨモードや、環状型プラズマのエネルギー閉じ込めの改善で注目を集めているドリフト波などの揺動、内部輸送障壁 (ITB) の形成機構とその効果の究明、また、核融合炉の成否を決めるとも言える境界／ダイバータプラズマの制御など先端的な極めて重要な研究課題という意義・位置づけを併せ持っている。これらの重要課題に対し、装置端部を持つミラー型実験装置は､電子を選択的に電子サイクロトロン加熱により高温･高速化し､ミラー端部に対しマイナスの電荷を持つ電子フローの一部を制御し、これによりプラズマ内部のプラス電荷を持つイオンの過不足による電位/電場を自在に形成･制御が可能､また､ミラー特有の端損失の制御という、「ミラーにしかできないこと、ミラーならば他形式プラズマ装置にも普遍的な物理機構解明を含めてできること」、こうしたミラー装置独自の特色を活かした研究を推進している。

これらの研究を具体的に推進するために、ジャイロトロンやビームプローブといった世界最先端の加熱機器や計測機器の開発研究を進めるとともに､それらを用いた研究により、上記で述べた研究課題に関する物理機構解明に不可欠な、プラズマ半径方向（径方向）の電位分布制御、電場分布の精密な測定による輸送研究、また、ミラー端部で発生する高熱流束によるダイバータ模擬研究が可能となり、学術普遍性の高い、極めて重要な本研究課題の更なる究明を進めている。

当プラズマグループの電位閉じ込めの研究は、インスブルックで開催された 国際連合の原子力部門である国際原子力機関（IAEA）の「第７回プラズマ物理並びに制御核融合研究に関する国際会議」 において、当研究グループが世界で初めて電位閉じ込めの有効性を実証した、先駆的実績を持つテーマであることは、斯界では広く知られており、かつて米国のサイエンス誌の表紙を筑波大学のガンマ６装置が飾ったように、先駆的な電位閉じ込め研究の成果を挙げてきた。また、最近では、電位制御の強力なツールであるミリ波帯のマイクロ波源、ジャイロトロンの開発研究も進展し、当センターのみならず、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置（LHD）にも大きく貢献し、国際原子力機関（IAEA）の「第23回～26回核融合エネルギー国際会議」で高く評価され､九州大学やプリンストン大学など、他大学や海外との共同研究へと発展しつつある。また、これらの成果の新展開とも言える境界プラズマの研究では、ITERの定常熱流束密度レベルを達成し、「第24回核融合エネルギー国際会議」等で斯界の注目を浴び、これを応用した共同研究が大きく進展している。

国際熱核融合実験炉ITERをはじめ、トカマク･ヘリカル型プラズマ閉じ込め形式をも含む、核融合実用に必要不可欠な研究課題という意義・位置づけを持った研究課題を、プラズマグループは推進し、発展・展開を見ている。すなわち、輸送障壁形成の物理機構の解明と境界プラズマ物理の解明は、核融合装置の実用的経済的なコンパクト化・高信頼化・核融合プラズマの定常制御のために、必要欠くべからざる研究内容であるという意義を持つばかりでなく、プラズマ特性の学術研究・応用研究という観点からも、大学の研究の在り方として最適な学術研究内容とその意義、研究規模であると位置づけられる。

【３】研究成果の概要

（１）はじめに

物理学域プラズマグループでは、大学の第 II 期中期目標・中期計画の方針に沿って双方向型共同研究を充実し、大型タンデムミラー装置 GAMMA 10/PDX を用いた高性能プラズマと低壁熱負荷の両立をめざして「開放端磁場と電位／電場効果を活かしたプラズマ輸送制御と境界プラズマ現象の解明研究」を進展させている。第Ⅲ期の初年度である平成 28 年度より、双方向型共同研究の更なる質的向上と高度化を目指し、原型炉へ向けた研究として、開放端プラズマとなるトーラス系のスクレープオフ層やダイバータ・プラズマを模擬するとともに、境界プラズマの様々な現象、物理機構解明とそれを通じた熱負荷の軽減法とプラズマ壁相互作用の研究を実施している。平成 27 年度までに、ITER の定常熱負荷相当 10 MW/m^2 を上回る 15MW/m^2 の端損失熱流束を達成し、端損失プラズマ流の特性を詳細に調べるとともに、本格的なダイバータ模擬実験に向けたＶ字ターゲット板を持つ閉構造ダイバータ模擬モジュール（D−モジュール）の実験を開始し、水素ガスや希ガスの入射による非接触プラズマ制御に向けての実験を進展させてきた。GAMMA 10/PDX が、これまでにダイバータ模擬の基礎実験を担ってきた小型線形装置と比べて特徴的な点は、高磁場下において高温のイオン束を発生・制御できることにあり、この特徴を活かしてダイバータ開発において最大の課題である非接触プラズマの制御に関するイオン温度依存性等のデータ取得が可能となっている。これらの模擬実験の基盤となるプラズマ生成に関して、主として用いられる ICRF 加熱アンテナ系やガス入射方法を工夫することにより、端損失イオン束増大の実験を進めている。

プラズマグループのもう一つの特徴である大電力ジャイロトロンに関して、14GHz から 300GHz の広い周波数範囲における MW レベルの開発を進展させている。これまでに、双方向型共同研究における九大応用力学研究所とのセンター間連携を推進し、同研究所の球状トカマク装置 QUEST での電流駆動実験に大きく貢献してきた。また、プリンストン大学との国際共同研究に関しても、着実に進展させている。GAMMA 10/PDX の実験においては、大電力長パルスジャイロトロンを用いた高熱流束生成に加えて、高繰り返しパルス運転から ELM 熱負荷の模擬による PWI に関するデータ取得を目指している。さらに、イオン流束等の増大と合わせて、京都大学、九州大学との連携を進め、プラズマ照射に関する成果も期待できる。

大学の第Ⅲ期中期目標・中期計画の初年度である平成 28 年度は、これまで精力的に進めてきたダイバータ模擬実験とジャイロトロン開発研究という大きな２つの柱を元に、各大学の研究者の多様な視点、豊富な経験と双方向型共同研究の特徴を活かした研究に加え、全国の複数のセンターが連携するネットワーク型の双方向型共同研究もさらに発展させ、核融合炉に向けた必須、かつ緊急の課題を進展させることを本研究の目的とした。

（２）ダイバータ模擬実験

図１は、GAMMA 10/PDX全体図、西エンド部の真空容器と設置された昇降式のタイバータ模擬実験モジュール（Dモジュール）の概略図を示している。図２の写真で示すように、SUS製の容器の前面から端損失プラズマ流が導入されるDモジュール内部には、V字型の0.2mm厚のタングステン製ターゲット板及び、前面の流入するプラズマを冷却し、非接触化を起こす為のガス導入

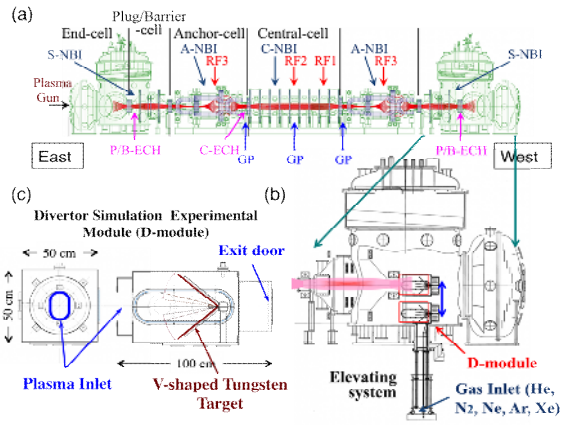

図１　(a) GAMMA 10/PDX 全体図，(b) 西側エンド部に設置されたダイバータ模擬実験モジュール（D モジュール）の模式図。昇降機構により、従来の配位でのミラー実験が可能である。(c) D モジュールの概略図。

系が組み込まれている。また、V字のターゲット板は、電気ヒータにより最大300℃まで温度を上昇させることができる。ターゲット板には、電子温度、密度計測のための多チャンネル静電プローブや多チャンネルカロリーメーターが取り付けられている。また、図中に示したように、水素ガスや希ガス導入等による放射冷却や不純物輸送などの周辺プラズマを模擬したプラズマ研究やPWI研究が、高速イオンゲージ（ASDEX Gauge）や各種分光器、高速カメラ等により制御された形で可能となっている。

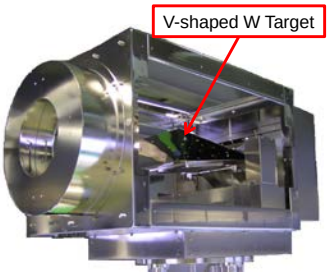

図２　Ｄモジュールの写真。

平成26年度から28年度にかけて、放射冷却用の不純物ガスとして様々な希ガスや新たに窒素ガスを用い、それぞれのプラズマ冷却効果や非接触プラズマ形成を目差した、イオン束、熱流束の低減効果について検証した。図３は、ガス入射時にDモジュール内V字ターゲットのコーナーギャップ間に設置しているプローブとカロリーメータによって測定されたイオン束と熱流束およびターゲットの奥側に設置されたプローブで測定された電子温度のDモジュール内ガス圧依存性を示している。図３(a), (b)から、Xeガスが他のガスに比べて熱流束及びイオン束の低減に効果的であり、図３(c)に示すように電子冷却にも最も強い効果を現す事が判った。また、N_2ガスについては、Arガスとほぼ同等の効果を示しているが、低圧力領域（＜2Pa）では、Arよりも電子冷却効果が良好である結果も得られた。以上のように様々な放射冷却に有望なガスについて詳細な結果が得られ始めており、将来のダイバータ運転への有効な知見が得られるものと期待される。

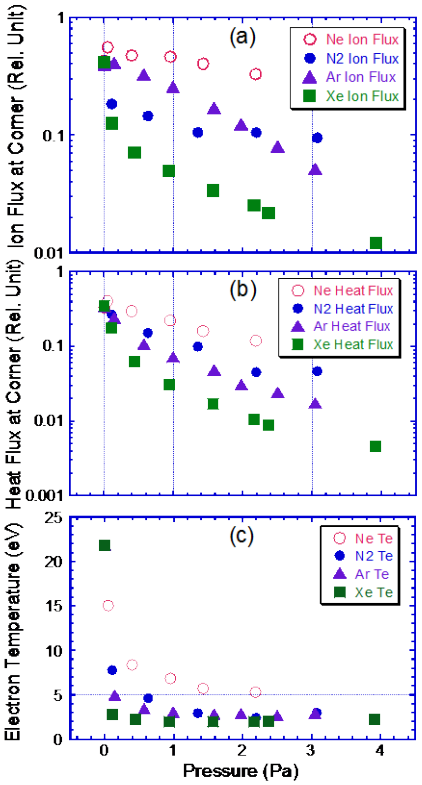

図３　Ｄモジュール内プラズマパラメータの導入不純物ガス圧依存性 (a) V 字ターゲットコーナー部のイオン束、(b) 熱流束、(c) ターゲット奥側(probe#1)による電子温度

図４はターゲット板温度を上昇させた場合の水素ガス導入時のHα線強度イメージを高速カメラで観測したものである。ガス供給量（プレナム圧）の増加とともにHα線強度が増加している。さらに、水素ガス供給なし(0 mbar)も含めて、各ガス供給量に対して、高温ターゲットの方が室温ターゲットに比べてHα線強度が空間全体にわたり高くなっていることが明らかとなった。ターゲットの高温化により、リサイクリング過程で励起原子の生成が促進されることが示唆される。

高周波波動加熱による粒子束の増強については、東西両アンカー部への高周波入射に加え、西バリア部への高周波入射や各アンテナへの入射周波数、位相調整によるエンド部への粒子束、熱流束への影響を調べた。更にセントラル部加熱用の２つのアンテナへ供給する回路の改良を行い、発振器出力を２分岐しても以前と同等のプラズマ加熱が可能であることを確認した。これにより、同時に使用可能な高周波アンテナが増え、各部への高周波入射により得られた幾つかの知見を複合的に検証する準備が整った。

ECH入射による高熱流束実験では、ICRF加熱されたプラズマに対して5msの短パルス入射によるELM模擬の実験を行っている。今年度春に西プラグ部のECHアンテナを改造し、軸上でマイクロ波強度を２倍にする改良が行われ、端部の熱流束強度は23MW/m^{2}まで上昇

した。その後、夏期の大気開放作業時に東西プラグ部のアンテナが整備され、両者の同時ECH加熱によって、端部の熱流束が30MW/m^{2}まで到達した。今後、開発中のMWクラスのジャイロトロンを使用することにより、50MW/m^{2}以上の熱流束生成が期待される。

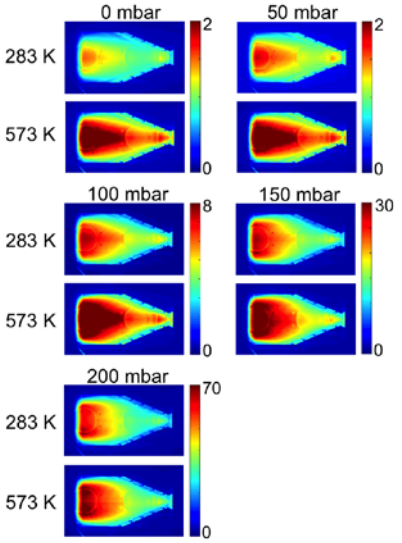

図４　ターゲット板温度上昇実験におけるHα線強度イメージの水素導入圧力依存性

（３）マルチパストムソン散乱計測システム及びエンド部トムソン散乱計測システム

平成21年度からNIFS等との共同研究を活用して導入した高精度トムソン散乱計測システムの開発をさらに進めている。特に、エンド部におけるダイバータ模擬実験で重要な低密度、低温度の電子温度測定を高精度にすることを目指している。昨年度までに6パス以上のマルチパス・トムソン散乱信号を安定して取得することができるマルチパス・システムの改良を行ってきたが、本年度は密度校正のためのガス散乱実験を行い、パス毎の密度計測を可能とした。本マルチパス・システムをプラズマ電子温度計測、電子密度計測に適用した結果を図５に示す。6パスのトムソン散乱信号の積分値は、シングルパスの信号積分値の約5倍程度あり、測定した電子温度は、35 ± 1 eVとなり、シングルパスで測定した電子温度39 ± 3 eVに比べ測定精度が上昇している。電子密度については、マルチパスの積分値では、(1.8±0.6)×10^{18} m^{-3}となり、シングルパスでの計測値(2.1±0.7)×10^{18} m^{-3}よりも改善した。

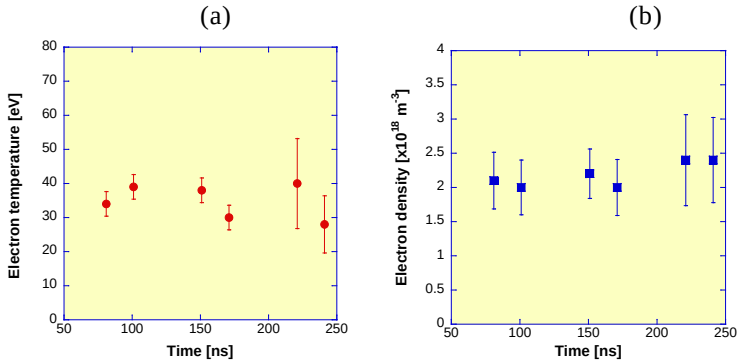

図５　(a) マルチパス・トムソン散乱計測システムによって測定した高速時間分解電子温度、(b) 高速時間分解電子密度測定結果

一方、エンド部ダイバータ模擬部の電子温度、密度計測を目的としてエンド部トムソン散乱計測システムの開発を行った。後方 160° 散乱を使用し、真空容器内に凹面ミラー、光ファイバーを設置し集光光学系を構築した。ポリクロメーターは、低温測定用に特別に開発したものを使用し、光学システムの確認のためガス散乱実験まで行った。しかし、迷光の影響が大きいためレーザーコリメートレンズの配置、ビームダンプの位置の調整等が必要であった。

（４）大出力長パルスジャイロトロンの開発

筑波大学の大きな特徴である大電力ジャイロトロンに関しては、これまでのNIFS、九大等との共同研究及びQSTとの連携研究をより強化し、14-300GHzと周波数範囲を大きく拡張し開発を進めている。平成28年度では、28/35GHzの2周波数ジャイロトロンの製作において順調な進展があった。28GHz帯の2号管となる同2周波ジャイロトロンは、2016年6月に製作を完了し、性能評価試験を開始した。

図６に出力窓に取付けた短パルス用 SiC ダミーロードを用いて測定した RF 出力と効率のビーム電流依存性を示す。図から判るように周波数 28.045GHz において 1.27MW のガウス状ビーム出力が得られた。又、34.83GHz において、0.48MW のガウス状ビーム出力も確認した。RF 出力ビームの位置は、28GHz、35GHz 出力とも出力窓中心にあり、RF 伝送系に問題が無いことが確認された。また 28GHz 発振における、RF 出力の空胴共振器磁場強度に対する依存性、RF 出力のアノード電圧に対する依存性を取得し、大きな問題が無いことを確認した。本２周波数ジャイロトロンは、発振相互作用を終えた後の電子ビームのエネルギーを回収する電位降下型コレクタ（CPD）を採用している。図７にビーム電流 I_k=25.5A における CPD 電圧特性を示す。CPD 電圧 V_{cpd} の増加と共に発振出力は減少しているが、エネルギー回収により V_{cpd}=30kV において、目標の総合効率 η_t=50%を達成した。

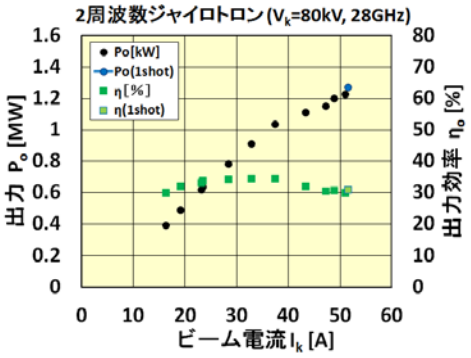

図６　28GHz 出力と効率のビーム電流依存性

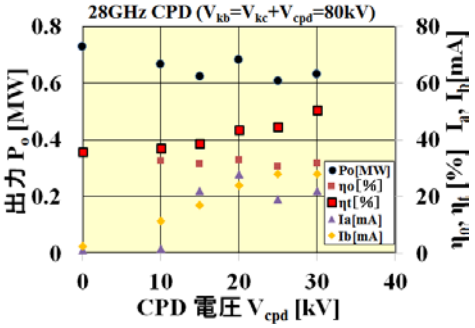

図７　28GHz 発振における出力（P_o）、出力効率(η_o)、総合効率(η_t)、アノード電流(I_a)、ボディ電流(I_b)の CPD 電圧依存性

筑波大学と九州大学間のセンター間連携研究に基づき、筑波大学で開発した 28GHz-1MW ジャイロトロンを九州大学の QUEST 装置に適用しプラズマ実験が行われている。今年度の QUEST 実験に先立ち、ジャイロトロンの再調整とエージングを実施した。エージングは、整合器（MOU）出口のコルゲート導波管にテフロンチューブのダミーを接続し、～300kW でパルス幅 3.6 秒まで行った。また、QUEST プラズマ実験では、九州大学で新たに開発された可動式ランチャーシステムやプラズマ調整等により、これまでの 1/2 程度のジャイロトロン出力で、これまでの記録を超える 70kA の無誘導プラズマ電流の駆動が達成された。プラズマ電流はパルス幅とともに増加しており、更なる電流増加が期待され、センター間連携研究の着実な進展と考えられる。

（５）成果発表等

平成 28 年度には、平成 23 年度から筑波大学およびつくば地区で毎年開催している全国のダイバータに代表される境界領域プラズマ、壁材料等に係る多く研究者が参加した研究会として、7 月にプラズマ研究センターシンポジュームを核融合エネルギーフォーラムダイバータ研究開発ワーキンググループの第 10 回会合との合同で行い、参加者も約 70 名と盛況であった。11 月に開催されたプラズマ・核融合学会第 33 回年会では 40 件の講演を行った。また、同会議では、センターにおいて現在検討している将来計画を議論するインフォーマルミーティングを主催し、広く核融合コミュニティーに向けて発信した。国際会議では、8 月にロシア連邦ノボシビルスクで開催された第 11 回プラズマ閉じ込めの為の開放磁場系国際会議において、基調講演 1 件、招待・レビュー口頭講演 6 件を含む全 15 件の発表を行い、次回会議は筑波で開催することが決定された。11 月に開催された IAEA の主催する核融合エネルギー会議では、口頭発表 1 件とポスター発表 4 件の講演を行った。上記国際会議を含む国際発表は 43 件、国内の会議は全 76 件に達し、学術雑誌では 35 編の発表を行った。

【４】GAMMA 10 における超音速分子性ビームによる粒子供給

（１）はじめに

磁場閉じ込め型の核融合プラズマ実験装置において，中性粒子輸送や水素リサイクリング・周辺プラズマ挙動観測は，タンデムミラープラズマやダイバータ領域でのプラズマ挙動解明ばかりでなく，プラズマ・壁相互作用からコアプラズマの輸送に至るまでの幅広い情報・指針を与える重要な研究対象である。従来からタンデムミラー型プラズマ閉じ込め装置 GAMMA 10 では，高密度プラズマ生成・維持が課題であり，超音速分子性ガスビーム入射(SMBI)法を用いたガス供給や，ICRF 周波数帯加熱等の工夫により研究が進められてきた。特に近年，GAMMA 10 装置は端損失粒子を用いたダイバータ模擬装置への改造および実験が進められており，本研究の推進によりパラメータ領域が拡大できれば，主閉じ込め領域のプラズマ性能向上だけでなく，ダイバータ模擬実験への貢献も期待される。

本研究においては，一昨年度よりラバールノズルを用いたSMBI実験を開始し，指向性の高い粒子供給が可能であることが分かった。本研究の目的は，新たに導入したラバールノズルの効果を，実験とシミュレーションの両面において検証することである。昨年度はセントラル部GP付近に設置されているラバールノズルを用いたSMBIによる高密度プラズマ生成実験を行った。今年度は，ICRF 加熱にPlug/Barrier ECH(P/B-ECH)を重畳したプラズマにSMBI を行い、プラズマの応答を調べた。また従来より取得した結果とあわせ、各種加熱条件・ノズルに対するSMBI のガス入射特性を実験およびシミュレーションの観点から詳細に調べた。

（２）実験方法

GAMMA 10 における高速カメラシステムと，今回使用したラバールノズル付き SMBI の設置の模式図を図 1 に示す。SMBI による水素ガス入射に伴ったプラズマ発光や挙動を観測するため，２分岐ファイバーを用いることで水平方向，垂直方向の同時測定を可能とした高速カメラシステムを構築している。高速カメラの視野は，SMBI および従来のガスパフの入射領域を，同時に観測できるように設定されている。

図２に，セントラル部下部の真空容器内の画像を示す。ラバールノズルはその構造の複雑さのため材質はアルミが選択された。一方，先端部にはステンレスのカバーを取り付けた。これまでの実験では，ノズル無し，ストレートノズル付きと実験状況を変えて行ってきた結果，どちらの実験条件においてもプレナム圧に対して依存性があることが確認されている。

放電シナリオは以下のとおりである。まず GP#1b-#2b により初期ガスを導入し，プラズマガンにより初期プラズマを生成した。その後，密度維持・アンカー部加熱のための ICRF 加熱(RF1)を導入し，同時に GP#3-#4 により密度を維持した。プラズマ密度が安定した時点で SMBI を行った。密度計測は多チャンネルのマイク

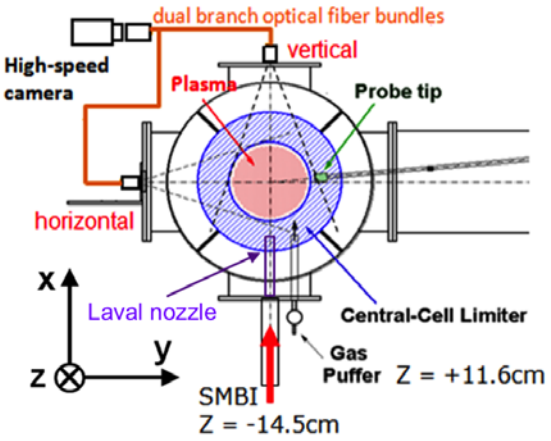

図１ ストレートノズル付き SMBI と高速カメラの設置位置の模式図

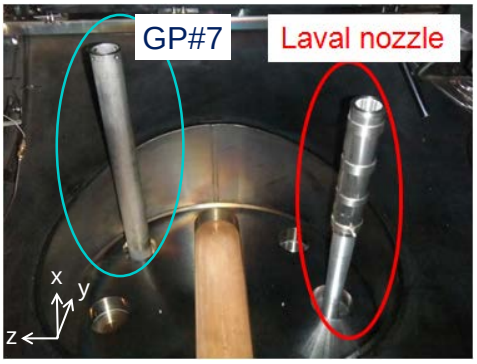

図２ セントラル部中央付近に設置されている GP#7 および SMBI 用ラバールノズル

ロ波干渉計により行い，トムソン散乱装置による電子温度計測，および H α 線発光強度計測を行った。

（３） 実験結果

図３に、SMBIを用いた高密度放電の電子線密度の時間発展を示す。P/B-ECH は t = 145-165ms に印加され、それぞれのパワーは150、100kW であった。SMBIは、t = 150 ms に入射され、その動作時間は0.5msであった。SMBIのプレナム圧を0.5MPa から2.0MPa まで変化させて密度の応答を観測した。P/B-ECH重畳に伴い、線平均密度の増加が見られた。SMBI入射直前のターゲットの線平均密度は1.3×10^{18} m^{-3}（プラズマ半径を18cm として算出）であり、2.0MPaの場合にはピーク値で3倍近く増加していることが観測された。この増分はICRF 単独加熱と比べると大きい。一方でP/B-ECHを重畳してもSMBI 直後のプラズマ蓄積エネルギーの低下を低減できていない。今後、蓄積エネルギーの低下を抑えた放電シナリオの構築が課題である。

図４にプレナム圧に対するSMBI入射前後での密度増分(ΔNLcc)の依存性を示す。P/B-ECH 重畳加熱の結果をICRF単独加熱の場合と比較する。両者ともプレナム圧の増加に従って密度の増加が見られる。ICRF単独加熱の場合と比べてP/B-ECHを重畳した場合では線密度の増加分は約7 割程度高い。なお、今回行ったプレナム圧力の範囲内では両者とも密度の飽和は見られなかった。この動作圧力範囲はSMBI 電磁バルブの仕様で決められており、今後は入射粒子数の制御をパルス幅も含めて複合的に行うことを検討する。

高速カメラの結果と中性粒子輸送シミュレーションを用いたSMBI模擬の結果を比較することでSMBIノズル形状に対する指向性の特性を調べた。図５(a)に高速カメラで撮影したSMBIによる発光の２次元分布を示す。上側ポートからの発光強度の分布から半値幅を求め、指向性の指標とした。またモンテカルロ法を用いた中性粒子輸送シミュレーションコードDEGAS を用いてSMBIを模擬した。このとき、ガスの初速度分布を通常のcosine分布から収束させるため、発散角指数σ_{div} を導入した。またシミュレーションにおいても発光強度分布を評価し（図５(b)参照）、その半値幅を実験結果と比較した。

得られた半値幅のプレナム圧力依存性から、ICRF 加熱およびECH 重畳プラズマにラバールノズルを用いたSMBIの結果に加え、

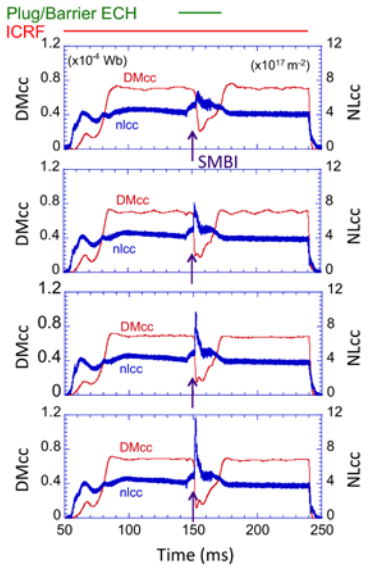

図３ SMBI 実験におけるセントラル部電子線密度(NLcc)時間発展。プレナム圧を 0.5MPa から 2.0MPa まで変化。

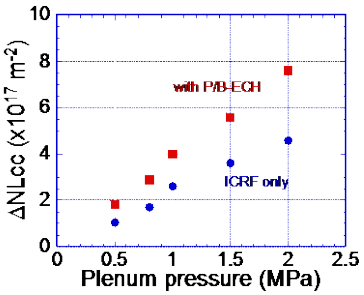

図４ SMBI プレナム圧に対するセントラル部電子線密度増加分の依存性。

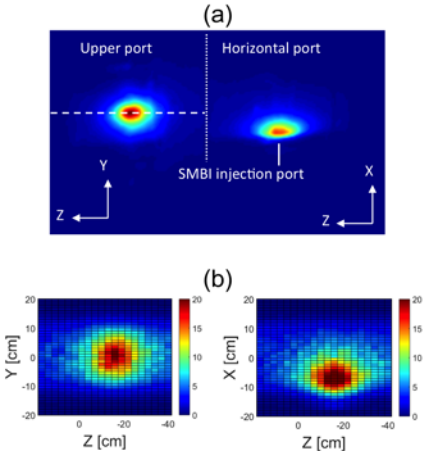

図５ (a) 水平方向、垂直方向から同時撮影した SMBI 入射中の発光イメージ、 (b) 中性粒子輸送シミュレーションによる SMBI 時の H α 発光強度の計算結果

ICRF 加熱プラズマでノズルなし、および直線ノズルを用いた結果において、全ての場合で、圧力とともに半値幅が低下し、1 MPa を境にほぼ飽和していることがわかった。ECH を重畳することで若干の半値幅の低下が見られたが、この要因については電子温度・密度分布等の変化と併せて今後議論する必要がある。また、シミュレーションから得られた発光強度分布半値幅の発散角指数σ_{div} 依存性については、実験結果と比較するとノズルなしで低圧(0.2 MPa)の場合はσ_{div} = 1 のcosine分布と等価であることが分かった。これは通常のガスパフと同程度の指向性であると考えられる。一方で直線ノズル、ラバールノズル（ICRF）、ラバールノズル（ECH）での順に、相当するσ_{div} は0.5、0.3、0.25 と小さくなった。

（４）まとめ

各種ノズルに対する指向性の評価を実験・シミュレーション両面から行うことができ、SMBI によるガス入射特性の基礎データが取得できた。ノズルなしでプレナム圧が低い場合はSMBI としての効果がほとんど見られないため、適用する装置に最適なノズル・運転方法を選択する必要がある。今回の評価では半値幅のみを議論したが、実際の装置設計・性能評価にはノズル先端からプラズマ境界までの距離も重要であるため、距離を考慮した実験・解析が必要となる。

【５】タンデムミラー端部を用いたダイバータ模擬研究

（１）はじめに

核燃焼プラズマの定常維持の為には，高熱流束に耐えるダイバータの開発が急務の課題となっている。開放端磁場配位は，ダイバータと共通する磁力線の構造をしており，タンデムミラープラズマにおいて，軸方向閉じ込め電位の無いプラズマ周辺部はトーラスプラズマの SOL 領域に，ミラー端部はダイバータ板前面の開いた磁場領域に酷似している。本研究の目的は，タンデムミラープラズマ閉じ込め装置ガンマ 10 のダイバータプラズマの模擬装置としての可能性を探るために，実験的及び数値計算に基づいた検討を行うことである。これによって，開放端磁場配位を活かし，ダイバータ開発における課題解決に向けた貢献を行う。

（２）実験装置

図 1 に GAMMA 10/PDX 全体図及び、西エンド部真空容器と平成 24 年度から稼働を開始したダイバータ模擬実験モジュール（Dモジュール）の配置を示す。平成 23 年度までに設置した計測器は，端部ミラーコイルの中心から中心軸外側に向かって 30 cm の位置（Z_{EXIT} = 30）にあるカロリーメータと方向性プローブの複合計測器，複数のターゲット及び計測器を備えて，Z_{EXIT} = 70 cm に設置されている回転式ターゲットアセンブリ，エンドタンクに設置されている端損失イオンエネルギー分析器（ELIEA）などある。また，ターゲット材とプラズマとの相互作用光は，高速カメラを用いて計測されている。

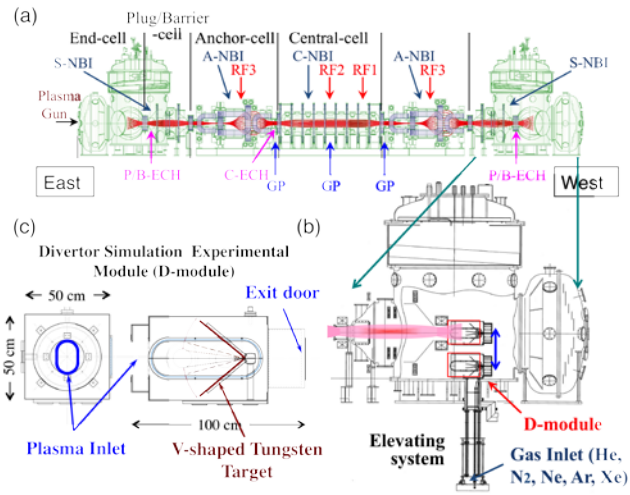

図１（a）GAMMA 10/PDX 全体図，（b）西エンド部真空容器，（c）昨年度から稼働を開始したダイバータ模擬実験モジュール。

Dモジュールの概略図と写真を図２に示す。本モジュール

は，SUS 製の断面 50×48 cm，長さ 70 cm の直方体の容器で，前方にある φ20 cm の円形ポートから，端損失プラズマ流が導入される。容器内部には，V 字形の 2 枚のタングステン製ターゲット(30 cm×35 cm)が設置されており，V 字形開口部の角度が 15 度から 80 度まで可変となっている。ターゲットの表面及び V 字コーナー部には，静電プローブとカロリーメータのアレイが設置されており，端損失プラズマ流の粒子束，熱流束が測定される。また，後部にはガス排出口が設置され，扉の開き角度を変えることにより，容器内部の中性粒子圧力を制御できるようになっている。

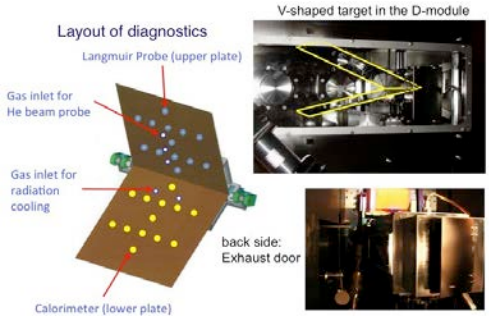

図２　ダイバータ模擬実験モジュールの概略図と写真。

（３）実験結果

今年度ECH入射による高熱流束実験では、ICRF加熱されたプラズマに対して5msの短パルス入射によるELM模擬の実験を行い、端部に設置しているカロリーメータによる熱流計測を行っている。図３はこれまでに得られた端部ミラー出口近傍で測定されたECH印加中熱流束をECHパワーに対してプロットしたもので、パワーの増加に伴い順調に増加していることが判る。今年度春に西プラグ部のECHアンテナを改造し、軸上でマイクロ波強度を２倍にする改良が行われ、端部の熱流束強度は23MW/m^{2}まで上昇した。その後、夏期の大気開放作業時に東西プラグ部のアンテナが整備され、両者の同時ECH加熱によって、端部の熱流束が30MW/m^{2}まで到達した。今後、開発中のMWクラスのジャイロトロンを使用することにより、50MW/m^{2}以上の熱流束生成が期待される。

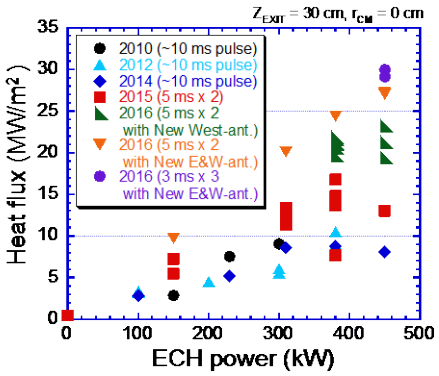

図３　端部ミラー出口で測定した熱流束の ECH パワー依存性。

平成26年度から28年度にかけて、放射冷却用の不純物ガスとして様々な希ガスや新たに窒素ガスを用い、それぞれのプラズマ冷却効果や非接触プラズマ形成を目差した、イオン束、熱流束の低減効果について検証した。図４は非接触プラズマ形成実験の模式図を示す。プラズマの放射冷却用不純物ガスは、V字ターゲットの上部から入射され、ターゲット上およびV字コーナー部に設置された静電プローブや熱電対と受熱板から成るカロリーメータで、Dモジュール内に流入したプラズマ流の冷却の様子が測定された。

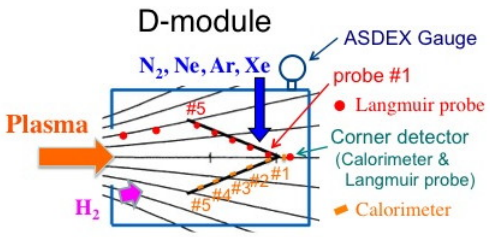

図４　D モジュール内部に設置された計測器の概略図。

図５は、ガス入射時にDモジュール内V字ターゲットのコーナーギャップ間に設置しているプローブとカロリーメータによって測定されたイオン束と熱流束およびターゲットの奥側に設置されたプローブ（図３probe#1）で測定された電子温度のDモジュール内ガス圧依存性を示している。モジュール内のガス圧力は、磁場中で計測可能な高速イオンゲージであるASDEX-ゲージをモジュールの上部（図３）に設置し、使用ガスに対する感度較正

実験を行った後、使用している。

図５(a), (b)から、Xeガスが他のガスに比べて顕著に熱流束及びイオン束の低減に効果的であり、図５(c)に示すように電子冷却にも最も強い効果を現す事が判った。また、N_2ガスについては、Arガスとほぼ同等の効果を示しているが、低圧力領域（＜2Pa）では、Arよりも電子冷却効果が良好である結果も得られた。以上のように様々な放射冷却に有望なガスについて詳細な結果が得られ始めており、将来のダイバータ運転への有効な知見が得られるものと期待される。

以上の他にも可視分光器を用いたＤモジュール内に導入した不純物の挙動や窒素ガス導入時の分子発光線の観測など，様々なダイバータ模擬実験が行われ、興味深い結果が得られた。

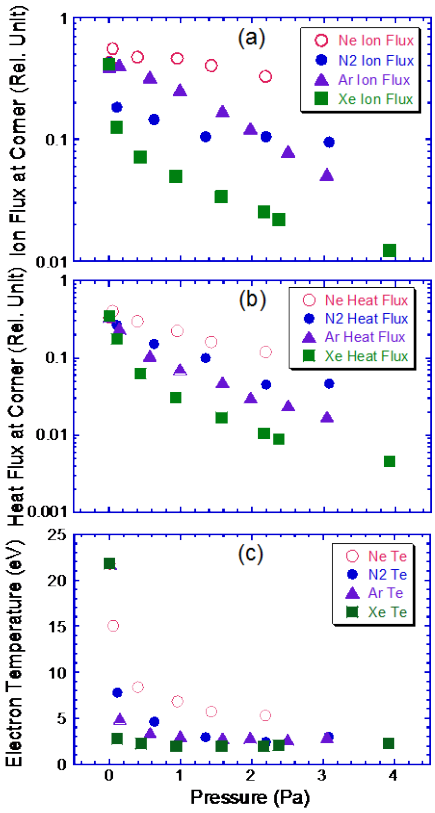

図５　Ｄモジュール内プラズマパラメータの導入不純物ガス圧依存性 (a)コーナー部のイオン束、(b) 熱流束、(c) ターゲット奥側(probe#1)による電子温度

（４）まとめ

ダイバータ実験装置（E-Div.）を導入した境界プラズマにおける粒子輸送制御研究を課題に掲げ，熱流束では ECH の短パルス入射により，30 MW/m^2 を越える高熱流束を達成した。また，Ｄモジュールを用いた本格的ダイバータ模擬実験では，種々の放射冷却用ガスの非接触プラズマ化への効果が検証され，Xe ガスが最も効果が高く、窒素ガスも効果的であることが認められた。今後は更に熱流・粒子束密度の強化に向けてプラズマ生成・加熱の最適化を推し進めると共に，ダイバータ模擬実験，プラズマ壁相互作用並び非接触プラズマの特性，定常維持に関する機構解明へ向けて研究を進めてゆく。

【６】GAMMA 10 E-div 領域における多流体コードによる数値シミュレーション解析

（１）はじめに

直線型装置は、定常状態での実験が可能である事や、磁場構造が単純な為、観測ポート設置の利便性が非常に高い事などの環状装置には無い有利な特徴がある事から、直線型装置を使用した周辺プラズマ研究が、広く世界中で行われている。これらの直線型装置は、トカマク装置に匹敵する粒子束で研究可能である PSI-II の様に、其々の特徴を生かした研究を行っている。そこで、数値計算シミュレーションによって、プラズマにどの物理過程が強く影響を及ぼしているのかを評価する事が非常に重要となる。筑波大学に設置されているタンデムミラー型装置 GAMMA 10/PDX の西エンド部においても、ダイバータ模擬実験が行われている。

本研究の目的は､他の直線型装置と比較してイオン温度が非常に高いプラズマで実験可能である GAMMA 10/PDX を用いたダイバータ模擬実験に対して、新たに構築した数値計算コードを用いて数値シミュレーションによる解析を行う事によって、高イオン温度プラズマ下におけるプラズマ挙動を解明する事である。また、高イオン温度プラズマに不純物粒子や中性粒子の外部ガスパフを行った際の背景プラズマ挙動並びに、ターゲット板への熱・粒子負荷について数値計算コードを用いて評価する事である。これにより、GAMMA

10/PDX で行われているダイバータ模擬実験で現れる物理機構に対する理解や、トカマク、及びヘリカル型装置における周辺プラズマ挙動の研究に大きく貢献できる。

（２）メッシュおよび物理モデル

本研究で開発した流体コードは、トカマク等で広く用いられている B2 コードと同様の物理モデルで構築された方程式を使用している。図１に GAMMA 10 プラグバリア部及びエンド部の真空容器プラズマ形状の概略図と同部に設定した数値シミュレーション計算空間のメッシュ構造を示す。

GAMMA 10/PDX は、セントラルセル、アンカーセル、プラグ・バリアセルとエンドセルの 4 つのセルによって、構成されている。プラズマは、主としてセントラルセルにおいて生成され、ロスコーンに落ち込んだ荷電粒子がセントラルセルから、各セルを経由してエンドセルに流出する。GAMMA 10/PDX では、この端損失プラズマを利用してダイバータ模擬実験を行っている。その為、エンド部における磁力線構造を基に計算空間内のメッシュを作成する必要がある。また、エンド部に存在するプラズマは、セントラルセルから流出したプラズマであるので、エンド部に流入するプラズマパラメータは常に一定であり、軸対称性を持つと仮定した。ターゲット板は、計算空間終端に、タングステン製の円形ターゲット板を設置していると仮定した。一方、プラズマ内中性粒子のモデルとしてバックグラウンドの（$3\times10^{16}\mathrm{m}^{-3}$）を与え、$H_2$ 原子については、図２(a)に示すようにターゲット面上でのリサイクリングを想定した $10^{18}\mathrm{m}^{-3}$ 台の高い密度からプラグバリアに向かって 3 桁減少する分布を与えた。Ar 及び Ne 粒子については、エンド部において一様で、プラグバリアに向かって指数関数的に減少する分布とした。

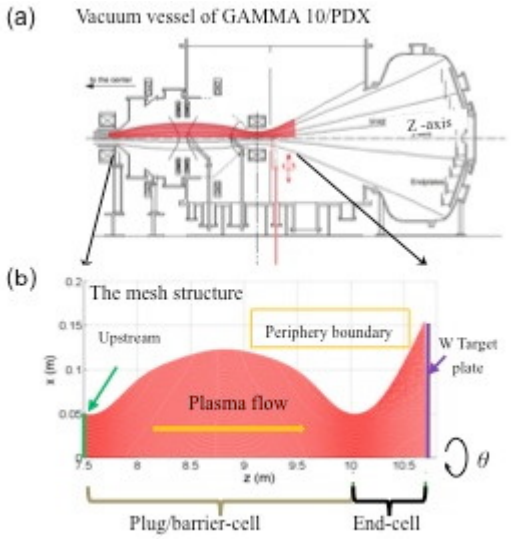

図１ GAMMA 10 エンド部に設定した数値シミュレーション計算空間 (a)エンド部真空容器とプラズマ形状，(b)同部に設定したシミュレーション空間のメッシュ形状と今回計算を行った領域

以上の様に、GAMMA 10/PDX の磁力線構造と各境界条件を、新たに開発した数値計算コードに適用させた上で、テスト計算を行った。その結果、非線形性が強い系で計算される全ての変数について、より良い収束性が確認されたことから、開発した本計算コードは、GAMMA 10/PDX の環境下においても、正しく稼働している事を確認している。

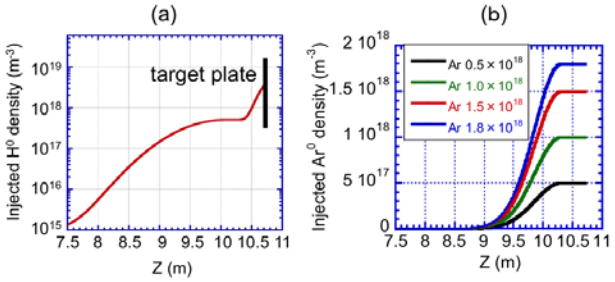

図２ 数値シミュレーション計算空間に導入する中性粒子の軸方向分布 (a)水素中性粒子，(b)Ar 及び Ne 中性粒子

（３）計算結果

図３は、(a) 水素：$0.5\times10^{18}\,\mathrm{m}^{-3}$ のみ導入した場合、(b) 水素に加えて Ar：$1.0\times10^{18}\,\mathrm{m}^{-3}$ を導入した場合、(c) 水素に加えて Ne：$1.0\times10^{18}\,\mathrm{m}^{-3}$ を導入した場合におけるプラズマ密度・温度の空間構造のシミュレーション解析結果を示す。いずれのガスの場合でも、イオン温度電子温度は共にターゲットに向かって減少していることが判り、ガス導入によるプラズ

マ冷却効果が認められている。その中で Ar が T_e への最も強い低減効果を示していることがわかる。一方 Ne ガスでは、温度減少の度合いは小さく冷却効果の弱いことが判った。

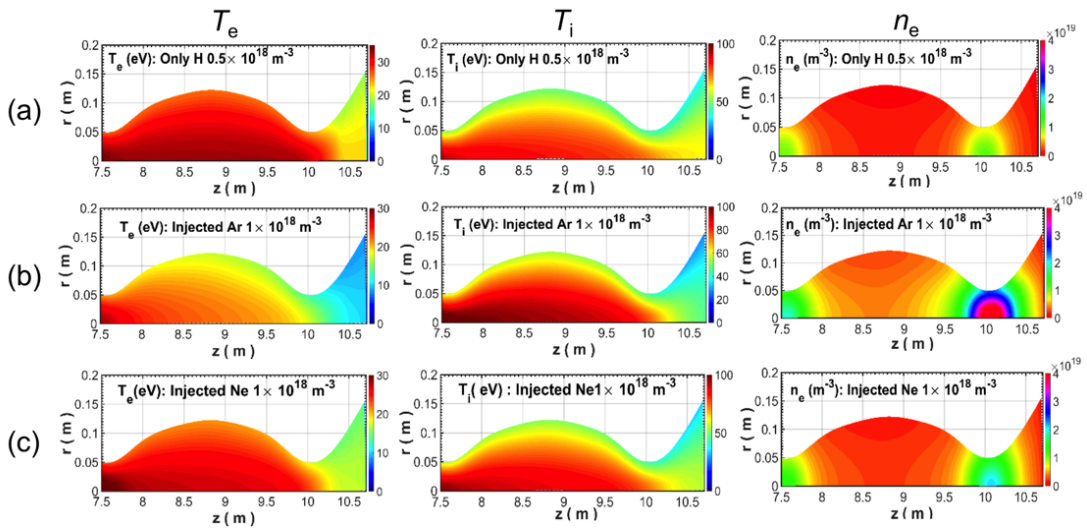

図３　水素：0.5×10^{18} m^{-3} (a)、水素＋Ar：1.0×10^{18} m^{-3} (b)、及び水素＋Ne：1.0×10^{18} m^{-3} (c) を導入した場合のプラズマ密度・温度の空間構造のシミュレーション結果

図４は、上記と同様の条件で入射 Ar 及び Ne の密度に対するターゲット上における各種プラズマパラメータのシミュレーション解析結果の依存性を示す。両者のガス入射量の増加に伴い電子温度、イオン温度が低下してゆく傾向が認められ、不純物ガスによる放射冷却効果が現れている。Ar の場合は電子冷却効果が著しく 2.1×10^{18} m^{-3} の導入密度で 2eV 以下に達している。電子密度は、Ar 密度と共に増加し、1.8×10^{18} m^{-3} 以上で飽和し減少する傾向（ロールオーバー）を示しており、それに対してイオン束も減少する傾向を示している。一方 Ne の場合は、温度減少率も Ar に比べ低く、密度は単調に増加する傾向を示し、非接触プラズマへ向かう効果の弱いことが明らかとなった。

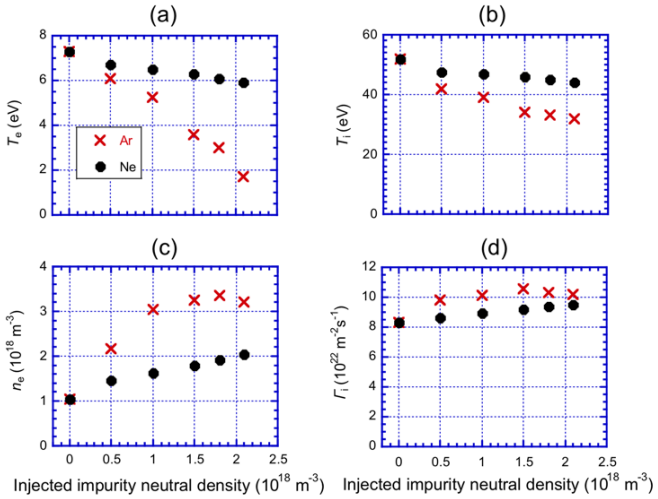

図４　ターゲット上のプラズマパラメータに対する入射不純物ガス密度の依存性。(a)電子温度、(b)イオン温度、(c)電子密度、(d)イオン束

（４）まとめ

多流体数値計算コードを用いて、GAMMA 10 エンド部におけるプラズマ流の挙動を調べている。Ar ガス及び Ne ガス入射による放射冷却等、非接触プラズマ形成へ向けた特性の比較が可能となってきた。今後は、再結合過程など、より詳細な原子分子過程を考慮した計算を進めてゆく。

【７】小型プラズマ生成装置を用いたプラズマ-材料相互作用研究

本研究では、低エネルギー・高フラックスの定常プラズマを生成することができる小型のプラズマ生成装置 APSEDAS を用いて、プラズマと材料との相互作用研究を進めている。今回は、中性子照射に対する代替照射として重イオン（Cu^{2+}）照射を用いて、照射損傷タングステンの水素吸蔵特性を明らかにすることを目的として研究を行った。

研究に用いたタングステン材料は、タングステンへの重イオン照射の効果をより明確にするために残留ひずみの少ない再結晶タングステン（10 mm x 10 mm x 1 mm）を用いた。この再結晶タングステンに対して、2.4MeV のエネルギーの Cu^{2+}イオンを照射し、その後 APSEDAS において重水素プラズマを照射した。重水素のフラックスは約 3.7 x 10^{21} D/m^2s、フルエンスは 2 x 10^{25} D/m^2 である。また、照射イオンのエネルギーは約 30eV であり、プラズマ照射中の試料表面温度は約 480K であった。重水素プラズマ照射後に、試料を昇温脱離装置に移し、1173K まで 1K/s で昇温して重水素の昇温脱離特性を調べた。重イオンを照射していない W 試料の昇温脱離スペクトルには、約 560K と約 740K にピークが存在した。一方、重イオン照射した試料では、上記とほぼ同じ温度に２つのピークが存在するが、さらに 840K 付近に新しいピークが存在することが分かった。これは、別のタングステン試料に重イオン照射をして透過電子顕微鏡観察を行った結果から、ナノボイドに起因するピークであると考えられる。材料中の重水素吸蔵量（重水素リテンション）は、昇温脱離スペクトルを積分することで求めることができる。Cu^{2+}イオン照射のフラックスを 5 x 10^{15} m^{-2} s^{-1} として、重水素リテンションの Cu^{2+}イオン照射量依存性を取得した。損傷レベルが 0.4dpa までは重水素リテンションは損傷レベルとともに増加するが、0.4dpa 以上ではリテンションが飽和していることが分かった。これは、重イオン照射によって発生した損傷（空孔やボイド等）が高密度になり、新たに導入された損傷が相殺されてしまうためであると考えられる。さらに、Cu^{2+}イオンのフラックスが 1 x 10^{15} m^{-2} s^{-1} の低フラックス照射の場合には、重水素リテンションが 2dpa まで増加し続けることが分かった。これは Cu^{2+}イオンのフラックスの違いにより損傷形成プロセスに違いが生じる可能性を示唆している。今後、照射損傷形成プロセスに関する物理機構の解明を行う予定である。

［８］GAMMA 10/PDX におけるトムソン散乱計測システムの構築

タンデムミラーGAMMA 10/PDX では、高出力マイクロ波による電子加熱を行って高電位生成を行い、磁場に加えて電位でもプラズマを閉じ込めることによってプラズマ性能を向上させている。そして、主閉じ込め領域であるセントラル部への電子直接加熱を行うことによって、電子温度を上昇させる実験を行っている。この電子温度を直接計測するためにトムソン散乱計測システムを導入した。これまでに空間 6 点、10 Hz 間隔での時間変化計測を 1 プラズマショットで調べることを可能とし、さらに、ダイバータ模擬部のトムソン散乱計測システムの構築を行ってきた。当該年度は、空間 7 点計測のためポリクロメーター、オシロスコープの増設を行った。一方、ダイバータ模擬部トムソン散乱計測システムの設置を進め、エンド部へのレーザー光の導入のための光路の設置を行った。

空間 7 点目の径方向外側の X = +15 cm の位置からのトムソン散乱光を測定するため、ポリクロメーター（TS139）とオシロスコープ(IWATSU, DS5524A)を設置した。データ取得用のオシロスコープ制御プログラム(MultiVControl V2.23)は 1 台の制御 PC で 6 台までのオシロスコープしか制御できないため、新たに制御 PC を準備し、7 台目のオシロスコープを MultiVControl で制御した。これにより、空間 7 点の電子温度、電子密度の 1 プラズマショット中の時間変化（10 Hz）の測定が可能となった。図１に、測定した電子温度(a)と電子密度(b)の径方向分布を示す。赤●が t = 64.4 ms、青■が t = 164.4 ms を示す。このプラズマは、t = 150 ~ 162 ms にセントラル部 ECH 入射実験となっており、電子温度が測定時刻直前に変化しているプラズマとなっており、径方向 X = +10 cm の位置の電子温度が高くでている。

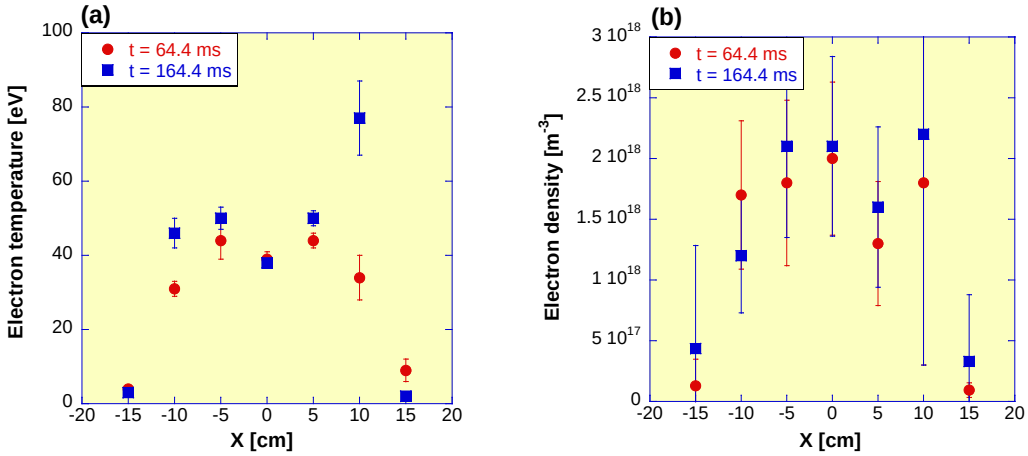

図１：電子温度(a)及び電子密度(b)分布測定結果。

本年度は、エンド部に新たにトムソン散乱計測システムを導入するため、セントラル部に設置してある YAG レーザーの光を分岐して、エンド部までレーザー光を伝送した。エンド部のトムソン散乱光学系の散乱点までの距離は、約 21 m である。YAG レーザーは、高さ 1.8 m から水平にエンド部のポートに入射し、真空容器の中に凹面集光ミラー（Al, φ0.15 m, R = 0.35 m）と光ファイバー（三菱電線, CSMSLKSL SPH400-SU57/56, L = 10 m）を設置して散乱光を集光する。光ファイバーによって真空容器から取り出された散乱光は、低温測定用に開発したポリクロメーター（TS194）に取り付ける。ポリクロメーターからの出力信号はオシロスコープで収集する。エンド部トムソン散乱計測システムは、後方 160° 散乱で測定し、立体角は、約 70 mstr である。図 2 にエンド部トムソン散乱計測システム概略図を示す。赤色レーザーと YAG レーザーによる集光光学系との光軸調整を行ってから、GAMMA 10 本体に窒素ガスを導入してのガス散乱実験を行った。しかし、レーリー散乱光には迷光の影響が強く、ガス圧による信号強度の変化は見られなかった。一方、ラマン散乱については、ガス圧による信号出力の減衰は確認できたが、迷光成分が大きく今後の対策が必要であった。ビームダンプがレーザー光の入射方向に設置したため、迷光が大きくなった。これについては、レーザーのコリメートレンズの配置を検討してビームダンプの位置を視線方向からずらすようにする必要がある。

今後、セントラル部トムソン散乱計測システムについては、測定精度向上のため、径方向外側の信号増強のための集光ミラーの設置、マルチパス・トムソンシステムの利用を進めていく。空間多点化についてもポリクロメーターの改良も念頭に進めていくこととする。一方、エンド部トムソン散乱計測システムについては、迷光対策を進めトムソン散乱信号の取得を目指す。エンド部のプラズマ密度は低いため、マルチパス・トムソン散乱計測システムの導入の検討を進めていく。

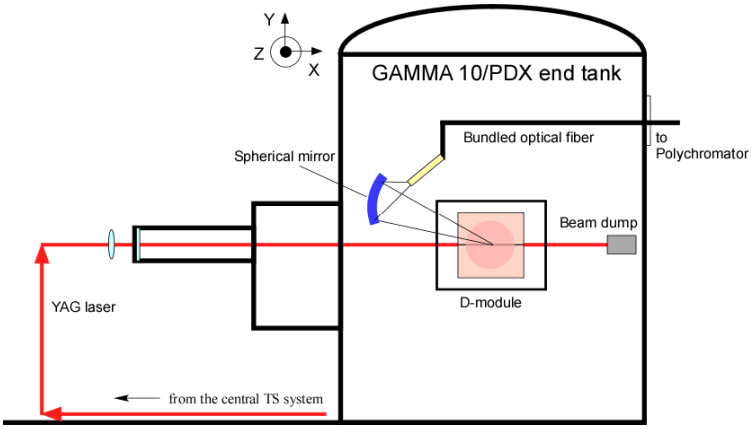

図２： エンド部トムソン散乱計測システム概略図。

［９］再生レーザー増幅方式による高時間分解電子温度計測システムの開発

プラズマの電子温度・密度を高時間分解能で計測することは、SMBI実験やペレット入射実験、ELM模擬実験など、電子温度、電子密度が高速で変化するプラズマにおいてその物理機構を解明するために重要である。電子温度計測には、トムソン散乱計測が直接測定できるため非常に有効な手法であるが、トムソン散乱計測の時間分解能は使用するレーザー発振周期で制限されており、kHzオーダーでの測定が上限となっている。そのため、本研究では、MHzオーダーの時間分解能をもつ高時間分解トムソン散乱計測システムを開発することを目的とした。この高時間分解能を達成するため、プローブレーザーをプラズマ中に何度も往復させてパス毎の散乱信号を測定するマルチパス・トムソン散乱計測システムを構築することとした。しかしながら、通常のレーザー装置外にマルチパスの機構を設置したものでは、パス数の増加とともに散乱信号強度が減衰していき、６パス程度以上では、半分以下になってしまう。そこで、本研究では、レーザー強度が減衰したところでレーザーアンプによりパワーを増強し、散乱信号が安定して測定できるようなマルチパスシステムを新たに構築することとする。増幅方法には、再生レーザー増幅方式を予定している。

当該年度は、レーザーアンプを導入したマルチパスシステムの光学設計を行うことと、ビームプロファイラーの設計及びレーザーアンプを設置する光路の調整を行い、アンプを設置しない場合のマルチパスの回数の確認を行うこと、高時間分解計測時のトムソン散乱計測信号解析のための解析ソフトウェアの開発を進めることを計画した。レーザーアンプを導入したマルチパスシステムの光学設計は順調に進み、さらにレーザー増幅システムの検討も行った。マルチパス状態で、パス数が8回後に、レーザーアンプにつながる光路に設置したポッケルスセルに高圧印加してレーザーアンプ側にレーザー光を導く。レーザーパワーは、初期の約20%程度に減衰しているが、これをレーザーアンプで増幅し、レーザーパワーを初期値にまで戻して、再びマルチパス・システムに戻す。これで、パス数が16回程度まで伸びることになる。

マルチパスのパス毎にトムソン散乱信号強度を解析できるように、ラマン・ガス散乱実験を行い、パス毎の密度校正実験を行うとともに、フィッティング解析手法を構築し、高時間分解計測のための逐次パス解析ソフトウェアの開発を進めた。これにより、トムソン散乱信号のパス毎の散乱光強度を校正して、パス時刻毎の電子温度・電子密度計測を可能とした。図3にパス毎の電子温度(a)、電子密度(b)の変化を示す。測定したプラズマは、電子温度、密度が高速で変化するプラズマではないので、時間的変化が見られていないが、今後、SMBI実験などで高速で温度、密度が変化するプラズマについて測定する予定である。

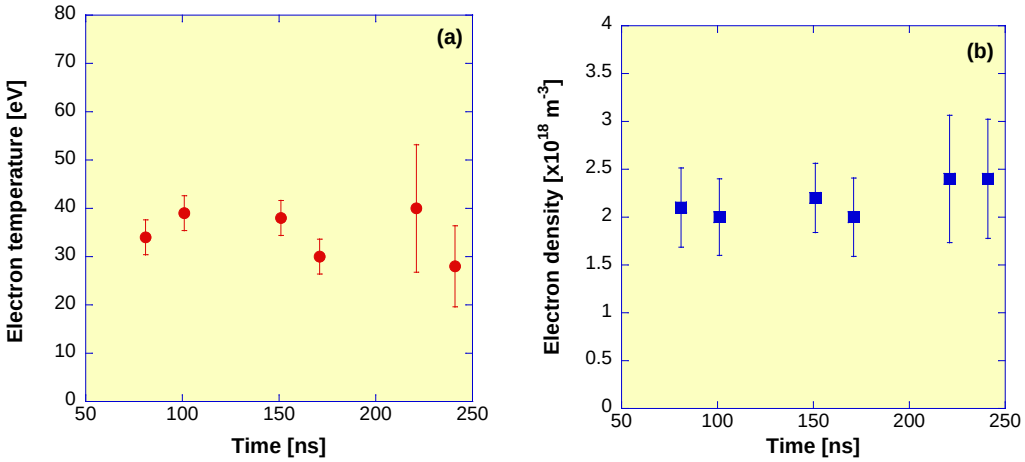

図３：パス毎の電子温度(a)、電子密度(b)変化。

[10] GAMMA10/PDX プラズマの Hα線２次元放射分布の研究

磁場閉じ込めプラズマ中の揺動はプラズマ閉じ込めを悪化させるため、この揺動について詳細に調べることは重要である。GAMMA 10/PDX で観測される揺動は、高イオン温度モード実験ではドリフト型揺動が主で周波数 10 kHz 程度の揺動が観測され、閉じ込め電位形成のための電子サイクロトロン共鳴加熱(ECH)の印加によって抑制されることがわかっている。これは、電位形成による電場シアーの効果で揺動が抑制されたと考えられている。これらの揺動は、金中性粒子ビームプローブ、多チャンネルマイクロ波干渉計、超短パルス反射計などを用いて観測されてきた。今回、これまでよりも早い時間取り込み性能をもつ ADC を用いて 2 次元 Hα線計測を行うことにより、プラズマ 2 次元断面の体積輻射率分布を求め、2 次元揺動計測を行うことにより、揺動の 2 次元空間分布について調べることにした。

GAMMA 10/PDX の 2 次元 Hα線計測システムは、プラズマ断面（直径約 38 cm）を縦方向、横方向、各 12 チャンネルの Hα線フィルター、光ファイバー、光電子増倍管を使用した 2 次元計測システムである。光電子増倍管の出力は、プリアンプを通して 10 倍程度増幅され、CAMAC システムでデジタル信号に変換される。縦、横の 12 チャンネルの放射輝度分布を Phillipps-Tikhonov(PT)法を用いて 2 次元体積輻射率分布へと変換した。図 4 に 2 次元体積輻射率分布を示す。この 2 次元体積輻射率分布の時間変化データを用いて、FFT 解析を行い、揺動の 2 次元分布を求めた（図 5）。この揺動の 2 次元分布より、揺動強度の時間変化、空間的に強く観測される場所等について調べることが可能となった。今後、データを詳細に検討し、他の揺動測定データと比較することにより、観測された揺動について調べていくこととする。

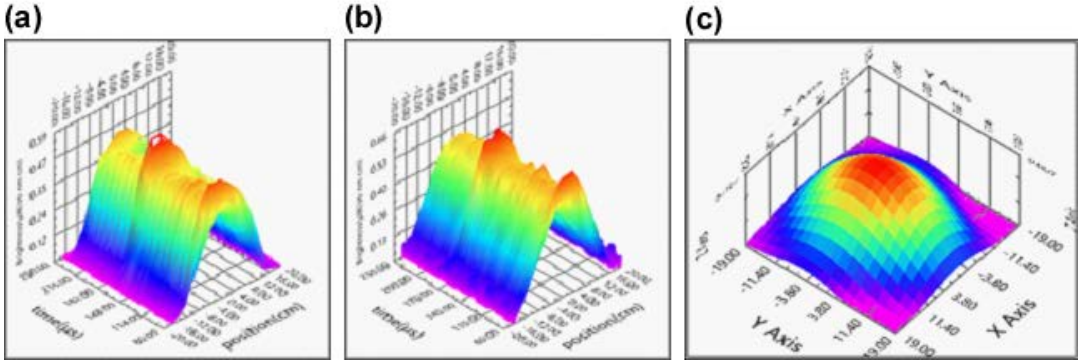

図 4：(a)縦方向 Hα線放射輝度分布、(b)横方向 Hα線放射輝度分布の時間変化、(c)PT 法による 2 次元Hα線体積輻射率分布。

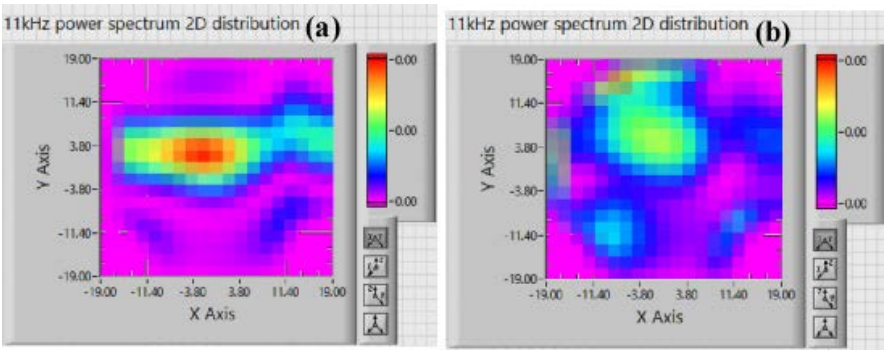

図 5：(a)ECH 印加前の周波数 11 kHz の揺動強度の 2 次元分布、(b)ECH 印加中の揺動強度の 2 次元分布。

［11］GAMMA10 における密度揺動回転計測のためのドップラー反射計の開発

現在GAMMA10セントラル部においてプラズマ密度揺動の周方向回転速度が計測可能なドップラー反射計の開発を行っている。本計測により揺動の位相速度や径電場、フロー速度シア等の空間構造に関する情報を得ることを目的としている。これらは揺動や乱流の発生・抑制機構の解明に重要な情報となる。現在のシステムは図 1 のようになっており、単色入射マイクロ波（X-mode, 11~20GHz）を用い放電毎に周波数を変更し径方向各点の密度揺動速度の情報を得ることができる。

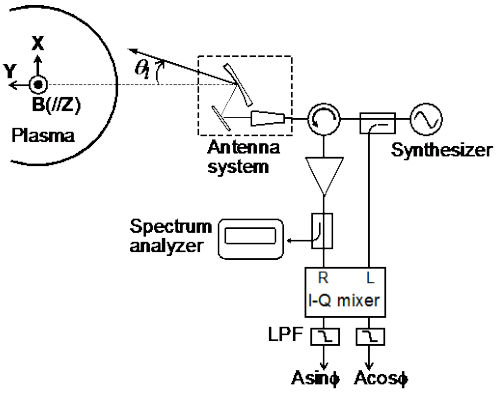

図 1: ドップラー反射計システム

図 2 にスペクトラム・アナライザーで計測した周波数スペクトルを示す。入射周波数 13.7GHz、設定入射角度は(a)+2 度、(b)-3 度であり、それぞれイオンサイクロトロン周波数帯（ICRF）の高周波のみで生成・加熱された場合（青細線）と、これにプラグ・バリア部電子サイクロトロン加熱（ECH）を重畳した場合（赤太線）である。0 次光の影響はあるが、いずれのスペクトルもドップラーシフトした非対称な形状が確認できた。また、入射角度を正／負の方向に反転するとシフト方向も反転し、ICRF では電子反磁性方向へ、ECH 重畳時にはイオン反磁性方向へ回転している。

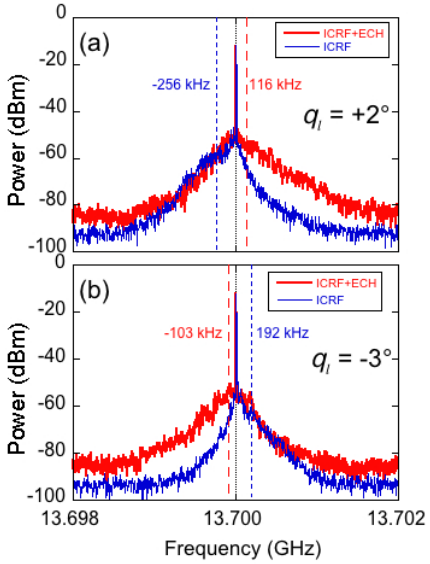

図 2: 観測した周波数スペクトル

次に再現性の良い放電を用いて、入射周波数、すなわち計測半径位置を変えて得られたドップラーシフト量から求めた密度揺動の周方向回転速度を図 3(a)に示す。データはそれぞれ、ICRF（青四角）と、プラグ・バリア部 ECH（100kW）を重畳した場合（赤丸）である。周辺部（半径 r≳~10 cm）では、ICRF の場合は電子反磁性方向に密度揺動が回転し、速度シアが形成されている。ECH が印加されると速度は小さくなり、方向が反転している領域もあることが明らかとなった。ドップラー反射計で得られる回転速度は揺動位相速度と背景 E×B ドリフト速度の和と考えられる。このとき重イオンビームプローブで計測したセントラル部の空間電位を図 3(b)に示す。空間電位は ICRF の場合は下に凸の電位構造が形成され、ECH が重畳されると上に凸に変化している。本データは一連の実験中のある一回の放電において、5ms 間で半径位置をスキャンするスイープ計測により取得しており、これだけで精度の良い径電場分布を出すのは難しいが放物線型の電位分布を仮定し電場を求めた。計算した E×B ドリフト速度を図 3(a)に実線と破線で示す。計測領域はドップラー反射計が~10<r<18 cm、一方空間電位は r<14 cm で一部の領域での比較となるが、ECH 有／無による揺動回転速度方向と E×B ドリフト速度方向は一致している。定量的な比較は今後の課題である

揺動や乱流の時空間構造を考えるには、空間多点同時計測が重要となる。本研究では現在、多周波数のプローブ信号を同時入射可能なコム・ジェネレータを導入し、単一放電において回転速度分布が計測可能なドップラー反射計システムの開発を進めている。今年度は GAMMA 10/PDX のパラメータに最適なシステムの設計を行い、主に送信回路系を製作した。入射マイクロ波は 11-18GHz の X-mode で、GAMMA 10/PDX の典型的な電子密度分布ではプラ

ズマ半径 a (18 cm)に対し r/a=0.4-1 の観測位置に対応する。コム・ジェネレータの発振周波数間隔は 200MHz に設定した。図 4 にスペクトラム・アナライザーで計測したコム・ジェネレータ出力（11-19GHz）を示す。横軸は 800MHz/div であり、200MHz 間隔の広帯域発振信号を確認した。これらの信号のうち 11.8, 12.8, 13.8, …, 17.8GHz まで 1GHz 間隔（一部は 0.4GHz 間隔）の 8 周波数の使用（即ち径方向 8 点の同時計測）を当面は予定している。各周波数信号は 10.8GHz の局部発振器（LO）信号により 1, 2, 3, …, 7GHz の中間周波数（IF）信号に変換される。今年度は検波信号を取り込むためのデータ収集系（1MS/s）の整備も進めた。来年度はバンドパス・フィルタを含む位相検出回路系の構築を行い、ドップラー反射計システムを完成する予定である。

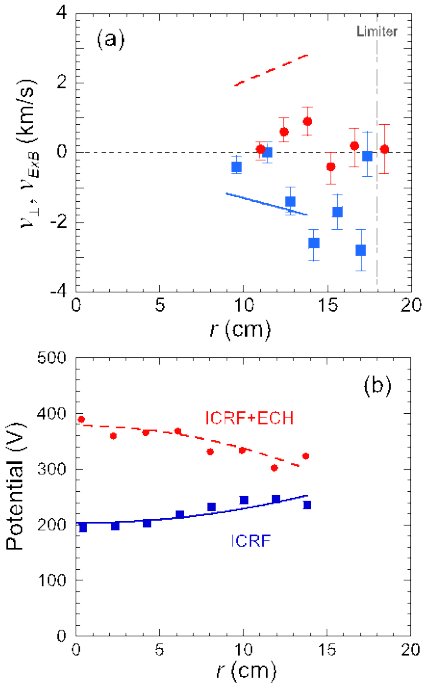

図 3: (a)周方向速度、ExB ドリフト速度 および(b)空間電位分布

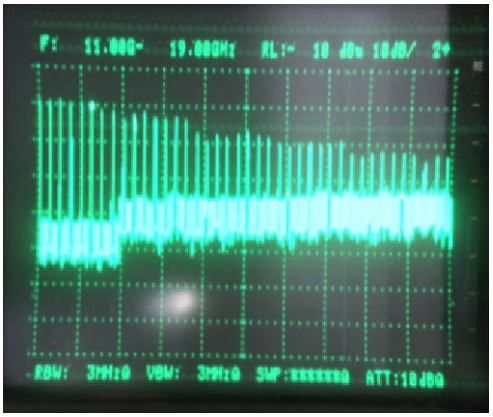

図 4:コム・ジェネレータ出力

[12] 高周波を用いた初期プラズマ生成と加熱、及び加熱プラズマの巨視的・微視的挙動の解析

イオンサイクロトロン周波数帯(ICRF)の高周波を用い、プラズマ中の電位形成やプラズマ閉じ込め物理、また、開放端磁場配位を利用したダイバータ模擬実験等の境界プラズマ研究における標的プラズマ生成、イオン加熱の実験を進めている。さらに、高性能プラズマを制御する上で不可欠なプラズマの巨視的・微視的挙動についての研究を並行して進めている。平成 28 年度は、アンカー部・バリア部に設置したアンテナを用いた端損失プラズマ制御に関する考察を進め、３次元波動解析コードによる検討を進めた。また、アンカー部アンテナによるセントラル部周辺浮遊電位上昇について、励起した ICRF 波動の伝搬、加熱の両面から検討した。更に、励起 ICRF 波動や温度非等方性により自発励起されるアルベンイオンサイクロトロン（AIC）波動の特性を調べるため、マイクロ波反射計を利用した波動計測システムの高度化、及び MCP を用いた新しいイオン検出器の整備を行った。

（１）アンカー部・バリア部アンテナを用いた端損失プラズマ制御

端損失プラズマ制御を目的として、東西両アンカー部のセントラル側アンテナ(EAI-DAT, WAI-DAT)に 7.7 MHz の高周波を印加し、東エンド部に設置された端損失イオンエネルギー分析器(ELECA)を用いて端損失イオンのエネルギー分布を測定した。EAI-DAT アンテナを使用した場合はセントラル部から見てアンテナ側に流出してエンド部まで到達するイオンを、WAI-DAT アンテナを使用した場合はアンテナ側からセントラル部方向へ向かい、さらにエ

ンド部に流出するイオンを計測している。ELECA で計測された端損失イオンエネルギー分布を見ると、低エネルギー側(約 200 eV)の上昇は両実験において観測されているが、より高エネルギー側の上昇は EAI-DAT アンテナの実験においてのみ観測された。

アンカー部アンテナで励起された高周波波動はセントラル側に伝搬し、セントラル部スロート付近のイオンサイクロトロン共鳴層において吸収される。この時、ドップラー効果を含めた共鳴領域は、(A)セントラル部中心からアンテナ側に向かうイオンの場合、共鳴層からアンテナ側に、(B)アンテナ側からセントラル部中心に向かうイオンの場合、共鳴層から中心側に広がって存在する。 (B)の場合はアンテナから伝搬した波動は共鳴層で吸収され、イオンと共鳴できない。従って東西アンカー部アンテナによる端損失イオンエネルギー分布の差異は、アンカー部アンテナで励起された高周波波動とセントラル部スロート付近のイオンとの共鳴の有無に起因すると考えられる。一方、低エネルギー側の電流密度上昇については、ピッチ角による端損失イオンエネルギーの差異から、アンカー部追加熱によるセントラル部の電位上昇より速度空間における損失領域が拡大し、端損失イオンが増大したことによると考えられる。

ダイバータ模擬実験を行う西エンド部に隣接しているバリア部を直接加熱することにより、端損失プラズマ制御が期待される。平成 28 年度は、平成 27 年度に設置した Double Half Turn (DHT)アンテナを取り外し、Nagoya Type III アンテナを設置した。図 1 に DHT アンテナと Type III アンテナによる ICRF 追加熱実験を行った際の(a)西バリア部高周波印加電力に対する西バリア部電子線密度、(b)西バリア部線密度に対するバリア部加熱効果を表す Secondary Electron Detector(SED)の信号比を示す。プラズマ生成に対しては DHT アンテナがより効果的であり、イオン加熱効果がより強いのは Type III アンテナであった。従って、端損失粒子束増大には DHT アンテナが、端損失熱流束増大には Type III アンテナが効

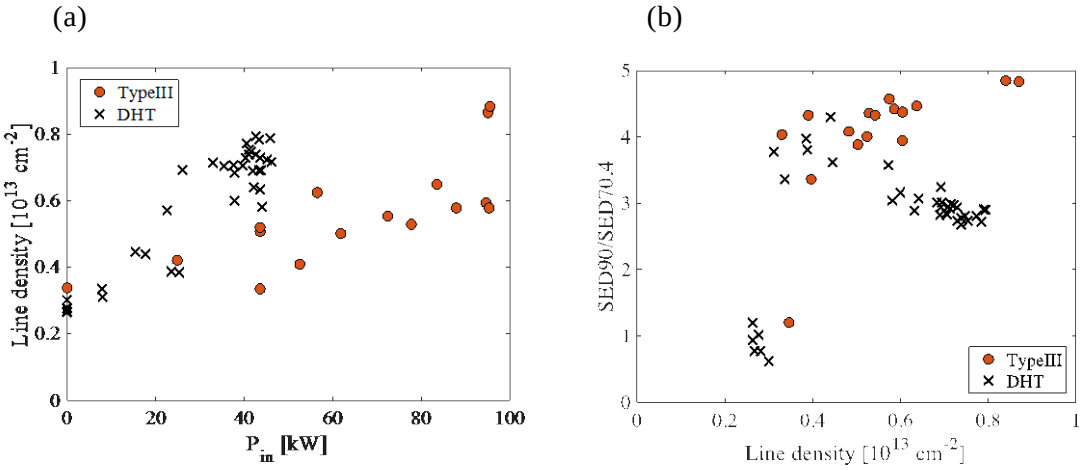

図 1　(a)西バリア部電子線密度の西バリア部高周波印加電力依存性、(b)SED 信号比の西バリア部電子線密度依存性。

果的であることが示唆された。また、実験結果との比較を行うため、３次元波動解析コードを用いた西バリア部アンテナによるアンテナ負荷抵抗や加熱効率の計算を進めた。

（２）アンカー部アンテナによるセントラル部周辺浮遊電位上昇

アンカー部アンテナにより追加熱を行うと、セントラル部中心付近周辺部の浮遊電位が上昇することが観測されている。この浮遊電位上昇のメカニズムを解明するため、アンカー部･セントラル部に共鳴層が存在する 10.3MHz、セントラル部に共鳴層が存在する 7.7MHz、共鳴層が存在しない 6.0 MHz の高周波を印加したところ、どの条件でも浮遊電位の上昇が確認された。従って、浮遊電位上昇にイオンサイクロトロン共鳴現象は本質的ではないと考えられる。

また、アンカー部追加熱によりセントラル部周辺浮遊電位の方位角分布が非軸対称にな

るが、高周波を印加するアンテナを変えると分布形状も変化することが観測されている。そこで、東西アンカー部アンテアを用いて同時に追加熱を行ったところ、軸対称性の良い浮遊電位方位角方向分布が得られる加熱条件が得られた。今後、波動伝搬と浮遊電位分布の関係について詳細な検討を進める。

（３）反射計を用いたイオンサイクロトロン周波数帯波動の計測

AIC 波動の境界条件の解明に向けて、セントラル部の反射計の多点計測化の改造を行い、軸方向 5 点(z = 52, 82, 112, 142, 193 cm)までの計測を実現させた。これらのアンテナは PIN ダイオードスイッチを介してセントラル部の 2ch マイクロ波反射計システムに接続され、1 ns の時間応答でアンテナを切り替えることができる。これにより AIC 波動の径方向分布が z 方向に変化する様子が観測できるようになり、複数励起される AIC 波動間での明確な差異などの境界条件に関係する初期計測結果が得られた。

また、マイクロ波反射計多点計測によりセントラル部でのイオン加熱に用いる 6.36 MHz 波動に伴う密度揺動強度を測定した。図 2 に z = 142 cm の点で測定した 6.36 MHz の揺動強度の径方向分布の時間発展を、その放電におけるセントラル部の線積分密度と反磁性量と共に示す。z = 142 cm では二つの特徴的な振舞いが観測された。図 2(b)中の点線で囲った領域で示されるように、一つはプラズマの外側領域（r > 10 cm）において強い揺動強度が見られる点である。z = 142 cm の点が 6.36 MHz を励起している DHT アンテナに隣接していることから、アンテナ近傍波動電界の影響が考えられる。もう一つの特徴は、反磁性量の立ち上がりに見られる過渡的な増減と対応する揺動強度の増減が観測されている点である。6.36 MHz を励起させる RF 加熱パワーを単調に増加（ランプアップ）させている時間帯に、内部に励起される波動強度が過渡的に増減していることから、波動励起に影響する境界条件の変化がその原因として挙げられる。これら二つの現象は加熱の最適化の観点から重要であり、今後この多点計測器を用いて現象の解明を図る。

アンカー部における ICRF 加熱の最適化を進めるために導入したマイクロ波反射計では、周波数の高速掃引が可能なマイクロ波発振器に交換し、周波数掃引による密度分布計測を実施した。これにより密度揺動の絶対値が測定可能になった。

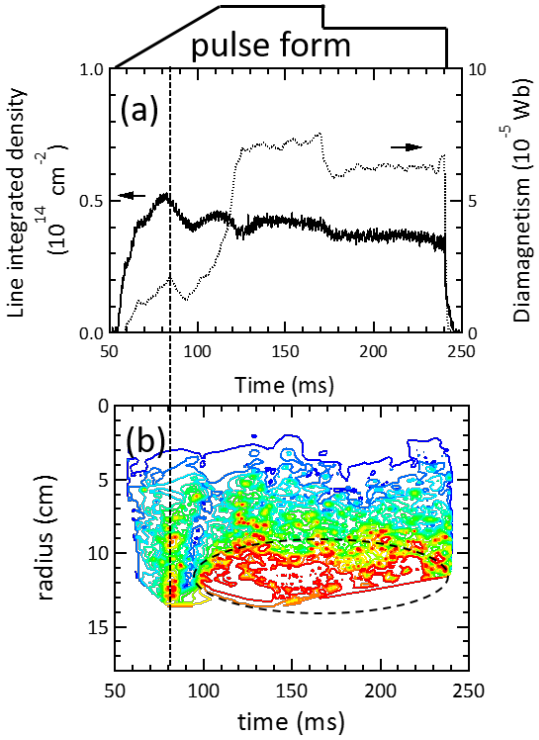

図２　GAMMA10 セントラル部における(a)線積分密度と反磁性量、(b) 6.36 MHz ICRF 波動に伴う密度揺動強度の径方向分布の時間発展。

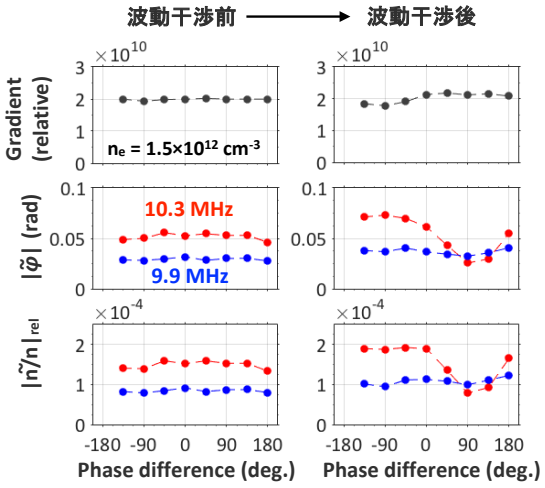

図３　10.3MHz 波動干渉実験時の西アンカー部 10.3MHz 密度揺動測定結果。左側が干渉前、右側が干渉後。

図 3 に西アンカー部での密度勾配、位相揺動、及びそれらから導出した密度揺動レベルの絶対値を示す。図 3 に示す実験では、西側アンカー部のイオン加熱を担う 10.3 MHz の波動を二つの ICRF アンテナから励起させ、干渉させることにより波動の制御を行っている。その際に二つの ICRF アンテナに流した電流の位相差を図 3 の横軸にとっている。干渉していない 9.9 MHz の波動に伴う密度揺動レベルは位相差により変動せず、1.0-1.2×10^{-4}程度である。干渉している 10.3 MHz の波動は位相差に応じて揺動レベルが 0.8-2.0×10^{-4}程度変化している。このように、波動強度が位相制御により変化している様子が明瞭に測定された。今後、加熱に最適な位相差が、加熱の結果として変化する密度に応じて変化するため、反射計の信号をセンサーとして最適な位相差にフィードバック制御することを考えている。

（４）高エネルギーイオンの AIC 差周波揺動による軸方向輸送の研究

セントラル部の反射計で評価した AIC 波動間の非線形結合から、AIC 波動間の差周波揺動がプラズマ中心領域で顕著に励起されていることがわかっている。また、その差周波の周期で高エネルギーイオンが軸方向に輸送されていることが装置端部での粒子計測から明らかになっている。この詳細な波動粒子相互作用を調べるために、平成 28 年度に MCP を用いた新しいイオン検出器を整備した。電子リペラーグリッドとイオンリペラーグリッドを設置することで、高エネルギーイオン成分のみを検出している。光成分はコリメータと端部での磁力線の曲率を利用して軽減させている。従来の半導体検出器では見えていなかった異なる波動間の差周波揺動成分の観測、また、セントラル部の反磁性量に対する異なる揺動強度依存性を得た。新検出器を用いることで、今後、波動と相互作用するイオンのエネルギー帯に関する議論、および径方向位置の依存性に関する議論を進める。

[13] ガンマ 10 セントラル部及びプラグ部における ECH アンテナの開発

ガンマ 10 において、電子サイクロトロン加熱(ECH)は、高いプラズマ閉じ込め電位の生成及び高い電子温度の達成に、本質的なツールである。主要閉じ込め領域であるセントラル部では、クーロン・ドラッグによるイオン・エネルギー損失の低減、高電子温度の安定維持などが重要な研究課題である。また、電位生成領域であるプラグ部では、ミラー端部への強い電子流束を発生させることがわかっており、ECH パワー変調入射する事で、ダイバータ模擬研究に向けた間欠的な ELM 様高熱流負荷を生成することを重要な研究課題の一つと位置付けている。

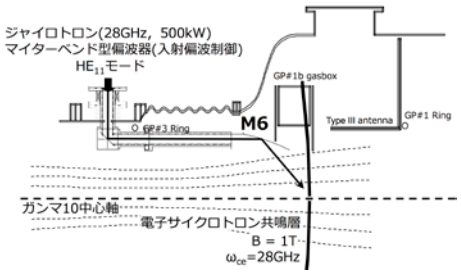

図 1　セントラル部 ECH アンテナ配位。

セントラル部では、偏波制御がし易く高電子温度が得られた直接入射型をベースに、高電子温度と安定入射を両立できるように新しいミラー・アンテナを設計(M6)・製作した(図 1)。28 GHz, 3 W の低電力発振器を用いて、製作した M6 の性能評価試験を行った。ターゲットに電波吸収体を用い、吸収体の温度上昇を測定し、放射分布計算結果と比較した結果、計算にないサイドローブが生じていることが明らかとなった(図 2 上)。サイドローブ発生の原因及び計算コードの改良等は課題として残っている。確認されたアンテナ性能は不十分であるが、ガンマ 10 実験に適用し、従来のアンテナを用いた実験との比較を行った。その結果、サイドローブのプラズマへの明らかな悪影響は見られず、軟 X 線強度においても非対称な分布は見られなかった。また、軟 X 線強度の振動は小さいが、パワー増大させても期待される軟 X 線強度増大は見られなかった(図 2 下)。アンテナ性能が不十分なので、パワーが十分に伝送されていない可能性があることが分かった。

プラグ部では、既存の 500 kW ジャイロトロンを用いた ECH システムにおいて、入射パワー変調実験を行い、熱流データ及び端損失電子データの取得を行った。図 3 に、ガンマ 10

プラグ部及びエンド部の概略図を示す。プラグ部 ECH のパワー変調によるプラズマ応答を、端損失電子、端損失イオンを計測できる静電エネルギー型分析器(LED, ELIEA)を用いて解析した。熱流は、可動型カロリメーターにより計測した。今回設計した新型ミラーは、2つあるミラー・アンテナ(M1, M2)の内、M2 のみを変更する設計として、製作コストが最小限になるように工夫した。その上で、設計で実現した新型ミラーの放射パワー密度分布の 1/e 半径(w)は、本年度の目的である、パワー密度局所化効果のデータを取得するために必要な設計値を得る事が出来た。新型ミラーをガンマ 10 プラグ部の ECH システムに適用し、ECH パワー($P_{P\text{-}ECH}$)変調実験を実施した。その結果、$P_{P\text{-}ECH}$ =450 kW, 3 ms のプラグ部 ECH 入射で、30 MW/m^2 を超える高熱流束が得られた。図 4 に、LED により計測した ECH 変調入射時における電子熱流束の入射パワー依存性を示す。新型ミラーの適用により、2 倍程度の電子熱流束の増大が確認され、パワー密度局所化効果を確認する事が出来た。これにより、1 パルス当たりに得られたエネルギー密度は、0.09 MJ/m^2 程度と見積もる事が出来る。ITER の Type I ELM のエネルギー密度は、0.2 ~ 2 MJ/m^2 と想定されており、それと比較すると数倍程度低いが、軸上に局所化した入射パワーの増大に伴い、エネルギー密度が、飽和することなくおおよそ線形に増大することが明らかとなった。

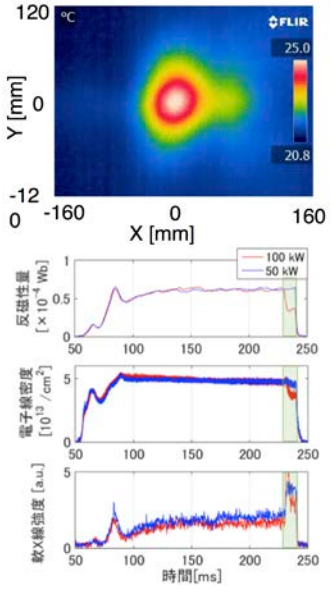

図 2　M6 アンテナの低電力性能評価試験とプラズマ加熱実験の初期結果。

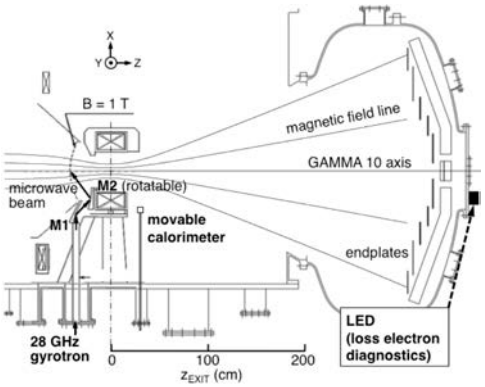

図 3　西側プラグ部及びエンド部断面概略図。

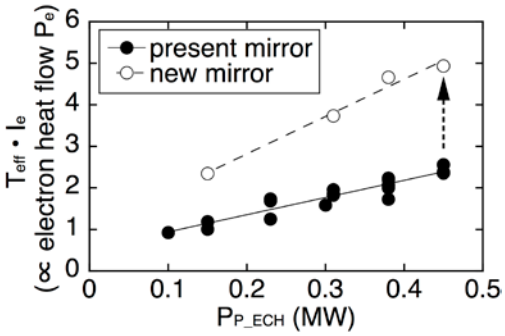

図 4　ECH 変調入射時における端損失電子熱流束の入射パワー依存性。

[14] 核融合に向けた大電力ジャイロトロンの開発

（１）はじめに

タンデムミラーGAMMA10/PDX では，プラグ部及びセントラル部電子サイクロトロン加熱(ECH)によるプラズマ閉じ込め性能の研究と改善に加え、基幹研究の新展開として開始されたダイバータ模擬研究の高度化に向け、ECH システムの大電力化、長パルス化を進めている。ECH/ECCD(電子サイクロトロン電流駆動)用大電力マイクロ波源である大電力ジャイロトロンの開発は、プラズマ研究センター(PRC)における研究開発の大きな柱の一つと成っており、共同研究として、核融合科学研究所(NIFS)の LHD 用、九州大学の QUEST 用、プリンストン大学の NSTX-U 用、京都大学の Heliotron J 用ジャイロトロンの開発も進めていると

ころである。さらに、量子科学技術研究開発機構(QST)との共同研究としてDEMO炉用300GHzジャイロトロンの開発も開始した。

2015年度においては、GAMMA10/PDXのみならず、QUEST、NSTX-U、Heliotron JにおけるECH/ECCD用として使用可能な、28/35GHzの2周波数で動作可能なジャイロトロンの設計を完了し、ジャイロトロンの製作を開始した。一方、NIFSとの共同研究では、154GHzと116GHzの2周波数で動作可能な2周波数ジャイロトロンの設計を開始した。更に、JAEAとの共同研究による300GHzジャイロトロンの開発を継続し、空胴発振に出力窓の反射が大きく影響することを明らかにした。

（２）28/35GHz 2周波数ジャイロトロンの開発

PRCでは28GHz-1MWジャイロトロンを開発し、最大出力で 1.38MW、長パルス運転で0.6MW-2sを達成した。本ジャイロトロンは、共同研究として、九州大学の QUEST 装置に適用され、2016 年度のプラズマ実験において 70kA のプラズマ電流立上を達成し、更なる電流増大が期待されている。次のジャイロトロン開発として、GAMMA10/PDXのダイバータ模擬実験において、より高い熱流束を生成するために28GHz-2MW-3sのジャイロトロンの開発を進めている。このジャイロトロンは、共同研究を有効に進めるため、QUEST で必要とされる動作性能28GHz-0.4MW-CW（連続動作）、NSTX-Uで必要とされる動作性能28 GHz-1.5～2 MW-3s、Heliotron J で必要とされる動作性能 35 GHz-1 MW-0.5秒を1本のジャイロトロンで動作可能な、28 GHz と 35 GHz の両周波数で動作可能な2周波ジャイロトロンである。

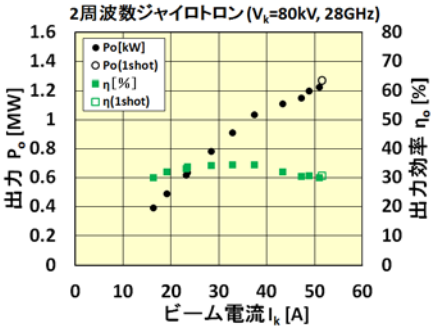

図１ 28GHz 発振における出力と効率のビーム電流依存性

2016 年度は、28/35 GHz 2 周波ジャイロトロンの製作を完了し、性能評価試験を開始した。図 1 に出力窓に取付けた短パルス用ダミーロードにより測定した、ビーム電圧 V_k=80kV における RF 出力と効率のビーム電流依存性を示す。周波数 28.045GHz において1.27MWのガウス状ビーム出力が得られた。又、34.83GHz において、0.48MW のガウス状ビーム出力を確認した。更に 28GHz 発振における、RF 出力の空胴共振器磁場強度に対する依存性、RF 出力のアノード電圧に対する依存性を取得し、大きな問題が無いことを確認した。本 2 周波数ジャイロトロンは、発振相互作用を終えた後の電子ビームのエネルギーを回収する電位降下型コレクタ(CPD)を採用している。図 2 に CPD 電圧特性を示す。CPD 電圧 V_{cpd} とともに発振出力は減少しているが、エネルギー回収により V_{cpd}=30kV において、総合効率 η_t=50%が得られた。

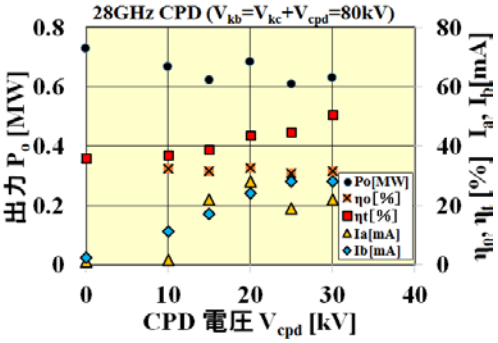

図２ 28GHz 出力（P_o）、出力効率（η_o）、総合効率（η_t）、アノード電流（I_a）、ボディ電流（I_b）のビーム電流依存性

試験開始後、電源故障（充電器、クローバ回路、切換器）やジャイロトロン外付け窓損傷等のトラブルが多発し、当初予定に対し大幅に試験が遅れているが、2017 年 4 月より、ダブルディスク窓の性能評価（出力、冷却媒体流速に対する窓温度上昇）や 1.5MW 出力を目指した調整等を実施予定である。

（３）154/116GHz 2 周波数ジャイロトロンの設計

NIFS とのジャイロトロン共同研究において、2014 年度までに開発した 3 機の 77GHz ジ

ャイロトロンと 2 機の 154GHz ジャイロトロンは、LHD 実験に供されている。全入力電力は 5.4MW に達し、LHD における電子系内部輸送障壁(electron ITB)実験等に大きく貢献している。これらの実績を踏まえ 2015 年度より、154GHz と 116GHz の両方で動作可能な 2 周波数ジャイロトロンの開発を開始した。

2016 年度は、2015 年度の空胴共振器、電子銃、出力窓、コレクタの設計に引き続き、放射器の最適化と内蔵ミラー系の設計が行われた。4 枚の内蔵ミラーによる出力窓までの電磁波伝送効率として、154GHz において 97.8%、116GHz において 98.1%が得られた。又、2 周波数管製作に向け、DC ブレークとコレクタ間の大型部品を含む一部共通部品の製作を行った。

（４）300GHz ジャイロトロンの開発

量子科学技術研究開発機構(QST)との共同研究として、2014 年度より核融合発電に向けた原型炉 Demo 用 300GH z 帯ジャイロトロンの開発を進めている。2015 年度の動作試験において、299.84 GHz（$TE_{32,18}$）で 522 kW、 295.65 GHz（$TE_{31,18}$）で 542kW、301.8 GHz（$TE_{30,19}$）で 528kW を達成し、Demo の 300GHz-MW-CW ジャイロトロン開発に向けての大きなステップとなる結果をえた。

2016 年度試験においては、240GHz 近傍の発振試験を実施し、磁場調整範囲において 300kW 程度の 7 つの発振モードを確認した。1 つモードを除き、6 つのモードに対しては、空胴磁場強度、電子ビーム入射位置、電磁波出力の電力ピーク半径/回転方向より発振モードを同定することで、発振周波数は 226～254GHz であると推定され、サブミリ波領域での周波数可変ジャイロトロンの基礎となる多周波数の発振を確認した。

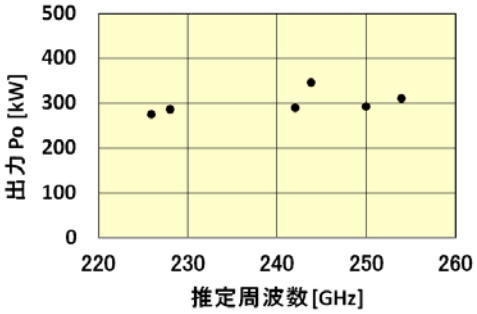

図 3 300GHz ジャイロトロンにおける 220～260GHz 帯発振試験

<論文>

01. Md. Shahinul ISLAM, Yousuke NAKASHIMA, Hiroto MATSUURA, Kazuya ICHIMURA, Md. Maidul ISLAM, Keita SHIMIZU, Kazuma FUKUI, Masato OHUCHI, Kunpei NOJIRI, Akihiro TERAKADO, Naomichi EZUMI, Mizuki SAKAMOTO and Tsuyoshi IMAI, Study of Heat and Particle flux in the case of Gas Injection in the D-module of GAMMA 10/PDX, Plasma and Fusion Research **11** (2016) 2402042.
02. K. Ichimura, Y. Nakashima, M. M. Islam, M. S. Islam, K. Shimizu, K. Fukui, M. Ohuchi, M. Hirata, R. Ikezoe, M. Yoshikawa, N. Ezumi, M. Sakamoto, M. Ichimura and T. Imai, Study of the axial plasma confinement for high particle flux operations in GAMMA 10/PDX, Plasma and Fusion Research **11** (2016) 2405045.
03. M. M. Islam, Y. Nakashima, S. Kobayashia, Y. Nakanoa, N. Nishinob, K. Hosoi, K. Ichimura, M. S. Islam, K. Shimizu, K. Fukui, M. Ohuchi, A. Terakado, M. Yoshikawa, J. Kohagura, R. Ikezoe, X. Wang, M. Ichimura, T. Imai, Effect of Laval Nozzle in the GAMMA 10 SMBI Experiments, Plasma and Fusion Research **11** (2016) 2402053.
04. Masayuki Yoshikawa, Ryuya Ikezoe, Kouichi Ohta, Xiaolong Wang, Junko Kohagura, Yoriko Shima, Masayuki Chikatsu, Kazuya Ichimura, Mizuki Sakamoto, Makoto Ichimura, Tsuyoshi Imai, Ryutaro Minami, Kouhei Tsumura, and Yousuke Nakashima, Direct observation of electron heating by electron Landau damping of Alfvén ion cyclotron waves with Thomson scattering system in the tandem mirror GAMMA 10/PDX, Plasma and Fusion Research **11** (2016) 2402051.
05. X. Wang, Z. Ma, I. Sakagami, A. Mase, and M. Yoshikawa, Small, single-band, two-section transformer for real load impedances with symmetry property,

Electronics Letters **52**, 11 (2016) 934-935.
06. A. Kuzmin, H. Zushi, I. Takag, S.K. Sharma, Y. Hirooka, M. Kobayashi, M. Sakamoto, K. Hanada, T. Onchi, Y. Oyama, N. Youshida, K. Nakamura, A. Fujisawa, H. Idei, Y. Nagashima, M. Hasegawa, K. Mishra,
Hydrogen flux measurements with permeation probes in spherical tokamak QUEST,
Vacuum **129** (2016) 178-182.
07. H. Takeda, Y. Nakashima, A. Hatayama, M. S. Islam, K. Ichimura, M.M. Islam, K. Shimuzu, K. Fukui, M. Ohuchi, M. Sakamoto, and T. Imai,
Numerical Simulation Study of Plasma Flow in the GAMMA 10/PDX End-cell Using a Fluid Code,
Contributions to Plasma Physics **56**, 6-8 (2015) 784-789.
08. J. Kohagura, M. Yoshikawa, X. Wang, D. Kuwahara, N. Ito, Y. Nagayama, Y. Shima, K. Nojiri, M. Sakamoto, Y. Nakashima, and A. Mase,
A 60-GHz interferometer with a local oscillator integrated antenna array for divertor simulation experiments on GAMMA 10/PDX,
Review of Scientific Instruments **87** (2016) 11E127.
09. Y. Hayashi, K. Ješko, H.J. van der Meiden, J.W.M. Vernimmen, T.W. Morgan, N. Ohno, S. Kajita, M. Yoshikawa and S. Masuzaki,
Plasma detachment study of high density helium plasmas in the Pilot-PSI device,
Nuclear Fusion **56**, 12 (2016) 126006.
10. H. TAKENO, Y. TOGO, T. KATSURA, Y. YASAKA, K. ICHIMURA, Y. NAKASHIMA,
A Study of Miniaturization of Traveling Wave Direct Energy Converter for Loading on a Spacecraft,
Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences,
Aerospace Technology Japan **14** (2016) Pb_105-Pb_109.
11. X. Wang, Z. Ma, I. Sakagami, A. Mase, and M. Yoshikawa,
A Small Wilkinson Power Divider with Complex Isolation Component,
Microwave and Optical Technology Letters **58**, 9 (2016) 2163-2168.
12. T. Kariya, T. Imai, R. Minami, T. Numakura, K. Tsumura, Y. Ebashi, Y. Endo,
Development of Over MW Gyrotrons for Fusion at Frequencies from 14 GHz to Sub-terahertz,
IAEA-FEC2016 (2016) FIP/1-6Rc.
13. H. Idei, T. Onchi, T. Kariya, K. Hanada, T. Imai, A. Ejiri, H. Togashi, T.I. Tsujimura, S. Kubo, O. Watanabe, K. Mishra, K. Nakamura, A. Fujisawa, Y. Nagashima, M. Hasegawa, S. Kawasaki, A. Higashijima, T. Nagata, H. Zushi, Y. Takase and A. Fukuyama,
Non-inductive Electron Cyclotron Heating and Current Drive with Dual Frequency (8.2 /28 GHz) Waves in QUEST,
IAEA-FEC2016 (2016) EX/P4-50.
14. Y. Nakashima, T. Imai, M. Sakamoto, I. Katanuma, T. Kariya, M. Yoshikawa, N. Ezumi, R. Minami, M. Hirata, J. Kohagura, T. Numakura, R. Ikezoe, K. Ichimura, X. Wang, M. Ichimura, and GAMMA 10/PDX group,
Overview of recent progress and future in GAMMA 10/PDX project,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 020002.
15. R. Minami, T. Imai, T. Kariya, T. Numakura, K. Tsumura, Y. Ebashi, S. Kajino, Y. Endo and Y. Nakashima,
Measurements of Electron Temperature and Density Distribution on a V-Shaped Target of a Divertor Development of new mirror antenna for generation of high intermittent heat flux in GAMMA 10 tandem mirror,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 030003.
16. S. Jang, M. Ichimura, S. Sumida, M. Hirata, R. Ikezoe, M. Sakamoto, T. Okada, Y. Iwamoto, Y. Onodera, J. Itagaki, K. Ichimura, and Y. Nakashima,
ICRF heating in the plug/barrier region to control end-loss ions on GAMMA 10/PDX,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 030011.
17. M. M. Islam, Y. Nakashima, S. Kobayashi, N. Nishino, K. Hosoi, K. Ichimura, M. S. Islam, K. Fukui, K. Shimizu, M. Ohuchi, M. Arai, T. Yokodo, G. Lee, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Hirata, R. Ikezoe, M. Ichimura, M. Sakamoto, and T. Imai,

Characteristics of SMBI fueling with laval nozzle in GAMMA 10 based on experimental and simulation results,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 030018.
18. T. Kariya, T. Imai, R. Minami, K. Tsumura, Y. Ebashi, H. Idei, K. Hanada, M. Ono, K. Komurasaki, T. Numakura, Y. Endo and Y. Nakashima,
Development of 28/35 GHz dual-frequency gyrotron for ECH study,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 030020.
19. T. Numakura, T. Imai, T. Kariya, R. Minami, K. Tsumura, Y. Ebashi and S. Kajino,
Code development for the calculations of time-dependent multimode oscillations in the cavity of the future high-power gyrotrons,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 030023.
20. T. Yokodo, Y. Nakashima, K. Shimizu, K. Ichimura, M. M. Islam, M. S. Islam, K. Fukui, M. Ohuchi, A. Terakado, K. Nojiri, M. Yoshikawa, N. Ezumi, M. Sakamoto, and T. Imai,
Study of the impurity transport by injecting the gas to D-module in GAMMA 10/PDX,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 040007.
21. R. Ikezoe, M. Ichimura, J. Itagaki, M. Hirata, S. Sumida, S. Jang, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Sakamoto, and Y. Nakashima,
Development of internal ICRF wave detection using microwave reflectometry on GAMMA 10,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 050002.
22. Masayuki Yoshikawa, Koichi Ohta, Masayuki Chikatsu, Yoriko Shima, Junko Kohagura, Rytaro Minami, Mizuki Sakamoto, Yousuke Nakashima, Makoto Ichimura, Tsuyoshi Imai, Ryo Yasuhara, Ichihiro Yamada, Hisamichi Funaba, and Takashi Minami,
Status of GAMMA 10/PDX-Thomson scattering system,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 050004.
23. A. Terakado, M. Sakamoto, N. Ezumi, S. Togo, K. Nojiri, Y. Nakashima, K. Ichimura, K. Sawada, and J. Kohagura,
Spatial distribution measurement of molecular activated recombination using hydrogen Balmer line intensities of divertor simulation plasma in GAMMA 10/PDX,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 050008.
24. M. Ohuchi, Y. Nakashima, H. Matsuura, K. Ichimura, M. S. Islam, M. M. Islam, K. Fukui, T. Yokodo, G. Lee, N. Ezumi, M. Sakamoto, K. Tsumura, R. Minami, T. Kariya, and T. Imai,
Evaluation of heat flux from the plasma flow by using calorimeter in the GAMMA 10/PDX end-cell,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 050011.
25. M. Sakamoto, A. Terakado, K. Nojiri, N. Ezumi, K. Oki, Y. Nakashima, K. Ichimura, M. Fukumoto, M. Yoshikawa, J. Kohagura, T. Imai, and M. Ichimura,
Impact of target temperature on hydrogen recycling in divertor simulation plasma of GAMMA 10/PDX tandem mirror,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 060001.
26. N. Ezumi, K. Nojiri, A. Terakado, K. Ichimura, M. Sakamoto, and Y. Nakashima,
Ion sensitive probe measurement of divertor simulation plasma in GAMMA 10/PDX,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 060002.
27. K. Nojiri, M. Sakamoto, N. Ezumi, S. Togo, A. Terakado, K. Ichimura, M. Yoshikawa, J. Kohagura, and Y. Nakashima,
Electron temperature and density distributions of detached plasma in divertor simulation experiments in GAMMA 10/PDX,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 060008.
28. K. Fukui, Y. Nakashima, S. Nagata, K. Ichimura, M. M. Islam, M. S. Islam, K. Shimizu, M. Ohuchi, T. Yokodo, M. Arai, and K. Ohkawa,
Study of beam-material interaction by using hydrogen ion beam,
AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 060011.
29. M. S. Islam, Y. Nakashima, R. Tatsumi, A. Hatayama, K. Ichimura, M. M. Islam, K. Shimizu, K. Fukui, M. Ohuchi, T. Yokodo, G. Lee, N. Ezumi, M. Sakamoto, and T. Imai,
Study of plasma behavior during impurity injection in the end-cell of GAMMA 10/PDX by fluid code,

AIP Conference Proceedings **1771** (2016) 060015.

30. Kazuya Ichimura, Masakatsu Fukumoto, Md. Maidul Islam, Md. Shahinul Islam, Keita Shimizu, Kazuma Fukui, Masato Ohuchi, Kunpei Nojiri, Akihiro Terakado, Masayuki YOSHIKAWA, Naomichi Ezumi, Mizuki Sakamoto, and Yousuke Nakashima, Measurement of neutral gas pressure in the D-module of GAMMA 10/PDX by using ASDEX type fast ionization gauge,
Review of Scientific Instruments **87**, 11 (2016) 11D424.
31. Masayuki Yoshikawa, Ryo Yasuhara, Koichi Ohta, Masayuki Chikatsu, Yoriko Shima, Junko Kohagura, Mizuki Sakamoto, Yousuke Nakashima, Tsuyoshi Imai, Makoto Ichimura, Ichihiro Yamada, Hisamichi Funaba and Takashi Minami,
High time resolved electron temperature measurements by using the multi-pass Thomson scattering system in GAMMA 10/PDX,
Review of Scientific Instruments **87**, 11 (2016) 11D617.
32. J. Kohagura, M. Yoshikawa, X. Wang, D. Kuwahara, N. Ito, Y. Nagayama, Y. Shima, K. Nojiri, M. Sakamoto, Y. Nakashima, and A. Mase,
A 60-GHz interferometer with a local oscillator integrated antenna array for divertor simulation experiments on GAMMA 10/PDX,
Review of Scientific Instruments **87**, 11 (2016) 11E127.
33. R. Minami, T. Imai, T. Kariya, T. Numakura, M. Uehara, K. Tsumura, Y. Ebashi, S. Kajino, Y. Endo, and Y. Nakashima,
Measurement of effect of electron cyclotron heating in a tandem mirror plasma using a semiconductor detector array and an electrostatic energy analyzer,
Review of Scientific Instruments **87**, 11 (2016) 11E306.
34. I. Yamada, H. Funaba, R. Yasuhara, H. Hayashi, N. Kenmochi, T. Minami, M. Yoshikawa, K. Ohta, J. H. Lee, and S. H. Lee,
Calibrations of the LHD Thomson scattering system,
Review of Scientific Instruments **87**, 11 (2016) 11E531.
35. K. Ohta, M. Yoshikawa, R. Yasuhara, M. Chikatsu, Y. Shima, J. Kohagura, M. Sakamoto, Y. Nakasima, T. Imai, M. Ichimura, I. Yamada, H. Funaba, and T. Minami,
Analysis method for Thomson scattering diagnostics in GAMMA 10/PDX,
Review of Scientific Instruments **87**, 11 (2016) 11E730.
36. X. Wang, M. Ohira, Z. Ma, I. Sakagami, A. Mase, and M. Yoshikawa,
Capacitive/inductive compensation factor in coupled lines wilkinson power divider design,
Microwave and Optical Technology Letters **58**, 12 (2016) 2940-2944.
37. Kohei TAKEYAMA, Noriyasu OHNO, Masayuki YOSHIKAWA, Hirohiko TANAKA and Shin KAJITA,
Localized Density Fluctuation in the Downstream of Detached Plasma,
Plasma and Fusion Research **12** (2016) 1202007.
38. R. Ikezoe, M. Ichimura, T. Okada, J. Itagaki, M. Hirata, S. Sumida, S. Jang, K. Izumi, A. Tanaka, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Sakamoto, and Y. Nakashima,
Multi-point measurement using two-channel reflectometer with antenna switching for study of high-frequency fluctuations in GAMMA 10,
Review of Scientific Instruments **88** (2017) 33504.

<学位論文>

学位論文（修士）[数理物質科学研究科]

01. 大内理人［修士（理学），数理物質科学研究科物理学専攻］
GAMMA 10/PDX 端部におけるプラズマ熱流計測と計測システムの改良
02. 太田晃一［修士（理学），数理物質科学研究科物理学専攻］
GAMMA 10/PDX におけるマルチパストムソン散乱計測の解析手法の確立
03. 田中裕樹［修士（理学），数理物質科学研究科物理学専攻］
高エネルギーの銅イオンにより欠陥導入されたタングステンの重水素吸蔵特性
04. 津村康平［修士（理学），数理物質科学研究科物理学専攻］
GAMMA 10/PDX における改良型 ECRH 反射鏡を用いた端損失熱流束生成実験及

び ECRH 用 28/35GHz-MW 級 2 周波数ジャイロトロンの性能評価試験

05. 成田昂平［修士（理学），数理物質科学研究科物理学専攻］
GAMMA 10 におけるセントラル ECH 印加プラズマの金中性粒子ビームプローブを用いた電位計測

06. 福井良磨［修士（理学），数理物質科学研究科物理学専攻］
GAMMA 10/PDX におけるビーム・材料相互作用研究の為のビーム入射系の開発

07. ジャン　ソウォン［修士（理学），数理物質科学研究科物理学専攻］
GAMMA10/PDX 端損失イオン束の制御に向けた高周波加熱実験

学位論文（学士）［理工学群］

08. 九島槇之介［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10/PDX アンカー部における紫外・可視分光測定システムを用いた不純物分光計測

09. 田沼康平［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10/PDX セントラル部における電子サイクロトロン共鳴加熱時のイオンセンシティブプローブ計測

10. 泉　昂希［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10 における高周波揺動に起因する端損失イオンの MCP を用いた計測

11. 岡田麻希［学士（理学），理工学群物理学類］
プラズマ加熱用 28/35GHz 2 周波数ジャイロトロンの性能評価試験

12. 櫻庭　史郎［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬部の Thomson 散乱計測システムの開発

13. 清水弘慈［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10 セントラル部における 6 チャンネルマイクロ波干渉計を用いた電子密度計測

14. 鈴木 佑［学士（理学），理工学群物理学類］
小型プラズマ生成装置 APSEDAS における実時間分光エリプソメトリーシステムの製作と初期測定

15. 関口健太［学士（理学），理工学群物理学類］
軟 X 線計測による GAMMA 10/PDX プラグ ECH アンテナミラー角度の最適化研究

16. 田中温人［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10 高周波アンテナ配位か_セントラル周辺部浮遊電位分布に与える影響

17. 三上智弘［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬実験装置における He 分光システムの改良及び HeI 線強度比法による電子温度・電子密度評価

18. 山下双太郎［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬実験における各種放射冷却ガスを用いた ASDEX ゲージの感度較正実験

19. 吉本　翼［学士（理学），理工学群物理学類］
GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬実験装置内から上流領域におけるプラズマ分光計測

20. 川又裕也［学士（工学），応用理工学類］
開放端系の交換型不安定性に関する研究

21. 木下洋輔［学士（工学），応用理工学類］
静電プローブを用いた GAMMA10/PDX ダイバータ模擬プラズマのイオン温度計測

22. 小林　楓［学士（工学），応用理工学類］
レーザー誘起蛍光法を用いた GAMMA10/PDX ダイバータ模擬プラズマのイオン・中性粒子速度分布計測システムの開発

<講演>

01. Y. Nakashima, K. Ichimura, M.S. Islam, K. Shimizu, T. Yokodo, M. Sakamoto, N. Ezumi, K. Fukui, M. Hirata, M. Ichimura, R. Ikezoe, T. Imai, M.M. Islam, I. Katanuma, T. Kariya, J. Kohagura, R. Minami, K. Nojiri, T. Numakura, M. Ohuchi, A. Terakado, M. Yoshikawa, X. Wang, N. Asakura, M. Fukumoto, A. Hatayama, Y. Hirooka, S. Kado, H. Kubo, S. Masuzaki, H. Matsuura, T. Nakano, S. Nagata, N. Nishino, N. Ohno, A. Sagara, S.Sawada, M. Shoji, A. Tonegawa, Y. Ueda,
Impact of gas injection on detached plasma formation in divertor simulation experiments using the GAMMA 10/PDX tandem mirror,
22nd International Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices (22nd PSI) (Roma, Italy, 2016.5.30-2015.6.3) P1-108.

02. I. Katanuma, G. Oda, T. Oi,
Particle simulation on the blob production in an open system,
22nd International Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices (22nd PSI) (Roma, Italy, 2016.5.30-2015.6.3) P2-29.

03. M. Sakamoto, A. Terakado, K. Nojiri, N. Ezumi, Y. Nakashima, K. Okia, K. Ichimura, M. Fukumotob, K. Shimizu, K. Sawadac, N. Ohnod, S. Masuzakie, J. Kohagura, M. Yoshikawa,
Molecular activated recombination in divertor simulation plasma on GAMMA 10/PDX,
22nd International Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices (22nd PSI) (Roma, Italy, 2016.5.30-2015.6.3) P2-115.

04. N. Ezumi, K. Nojiri, A. Terakado, K. Ichimura, M. Sakamoto, Y. Nakashima, K. Sawada, N. Ohno, H. Tanaka, M. Kobayashi, S. Masuzaki,
Evaluation of ion temperature and its anisotropy using an ion sensitive probe in the divertor simulation plasma of GAMMA 10/PDX,
22nd International Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices (22nd PSI) (Roma, Italy, 2016.5.30-2015.6.3) P3-29.

05. R. Minami, T. Imai, T. Kariya, T. Numakura, M. Uehara, K. Tsumura, Y. Ebashi, S. Kajino, Y. Endo and Y. Nakashima,
Measurement of ECH Effect in a Tandem Mirror Plasma Using a Semiconductor Detector Array and an Electrostatic Energy Analyzer,
21st Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2016) (Madison, Wisconsin, USA, 2016.6.5-2016.6.9).

06. K. Ichimura, M. Fukumoto, M. M. Islam, M. S. Islam, K. Shimizu, K. Fukui, M. Ohuchi, K. Nojiri, A. Terakado, M. Yoshikawa, N. Ezumi, M. Sakamoto and Y. Nakashima,
Measurement of neutral gas pressure in the D-module of GAMMA 10/PDX by using ASDEX type fast ionization gauge,
21st Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2016) (Madison, Wisconsin, USA, 2016.6.5-2016.6.9) 1.2.26.

07. Ichihiro Yamada, Hisamichi Funaba, Ryo Yasuhara, Hiroshi Hayashi, Naoki Kenmochi, Takashi Minami, Masayuki YOSHIKAWA, Koichi Ohta, Jongha Lee, Seung Hun Lee,
21st Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2016) (Madison, Wisconsin, USA, 2016.6.5-2016.6.9) 2.2.52.

08. Masayuki YOSHIKAWA, Ryo Yasuhara, Koichi Ohta, Masayuki Chikatsu, Yoriko Shima, Junko KOHAGURA, Mizuki Sakamoto, Yosuke Nakashima, Tsuyoshi Imai, Makoto Ichimura, Ichihiro Yamada, Hisamichi Funaba, Takashi Minami,
High time resolved electron temperature measurements by using the multi-pass Thomson scattering system,
21st Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2016) (Madison, Wisconsin, USA, 2016.6.5-2016.6.9) 2.2.53.

09. Junko KOHAGURA, Masayuki YOSHIKAWA, Xiaolong WANG, Daisuke Kuwahara, Naoki ITO, Yoshio Nagayama, Yoriko Shima, Kunpei Nojiri, Mizuki Sakamoto, Yosuke Nakashima, ATSUSHI MASE,
A 60-GHz Interferometer with a Local Oscillator Integrated Antenna Array for Divertor Simulation Experiments on GAMMA 10/PDX,

21st Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2016) (Madison, Wisconsin, USA, 2016.6.5-2016.6.9) 4.2.17.

10. Koichi Ohta, Masayuki YOSHIKAWA, Ryo Yasuhara, Masayuki Chikatsu, Yoriko Shima, Junko KOHAGURA, Mizuki Sakamoto, Yosuke Nakasima, Tsuyoshi Imai, Makoto Ichimura, Ichihiro Yamada, Hisamichi Funaba, Takashi Minami,
Improvement of analyzing method of Thomson scattering diagnostics in GAMMA 10/PDX,
21st Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2016) (Madison, Wisconsin, USA, 2016.6.5-2016.6.9) 7.2.47.
11. A. Mase, Y. Kogi, D. Kuwahara, Y. Nagayama, X. Wang, N. Ito, J. Kohagura, M. Yoshikawa, M. Inutake, H. Ikezi, T. Tokuzawa,
Application of radar reflectometer to plasmas and other fields,
The18th International Congress on Plasma Physics (ICPP2016) (Kaohsiung, Taiwan, 2016.627-2016.7.1) B3P2-5.
12. M. Sakamoto, A. Terakado, K. Nojiri, N. Ezumi, K. Oki, Y. Nakashima, K. Ichimura, M. Fukumoto, M. Yoshikawa, J. Kohagura, T. Imai, and M. Ichimura,
Hydrogen recycling study utilizing end region in the GAMMA 10/PDX tandem mirror,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).
13. N. Ezumi, K. Nojiri, A. Terakado, K. Ichimura, M. Sakamoto, and Y. Nakashima,
Ion sensitive probe measurement of divertor simulation plasma in GAMMA 10/PDX,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).
14. K. Nojiri, M. Sakamoto, N. Ezumi, S. Togo, A. Terakado, K. Ichimura, M. Yoshikawa, J. Kohagura, and Y. Nakashima,
Electron temperature and density distributions of detached plasma in divertor simulation experiments in GAMMA 10/PDX,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).
15. A. Terakado, M. Sakamoto, N. Ezumi, S. Togo, K. Nojiri, Y. Nakashima, K. Ichimura, K. Sawada, and J. Kohagura,
Spatial distribution measurement of molecular activated recombination using hydrogen Balmer line intensities of divertor simulation plasma in GAMMA 10/PDX,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).
16. R. Ikezoe, M. Ichimura, J. Itagaki, M. Hirata, S. Sumida, S. Jang, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Sakamoto, Y. Nakashima,
Development of internal ICRF wave detection using microwave reflectometry on GAMMA 10,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).
17. S. Jang, M. Ichimura, S. Sumida, M. Hirata, R. Ikezoe, M. Sakamoto, T. Okada, Y. Iwamoto, Y. Onodera, J. Itagaki, K. Ichimura, Y. Nakashima,
ICRF heating in the plug/barrier region to control end-loss ions on GAMMA 10/PDX,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).
18. MINAMI Ryutaro, IMAI Tsuyoshi, KARIYA Tsuyoshi, NUMAKURA Tomoharu, TSUMURA Kohei, EBASHI Yuto, KAJINO Satoshi, ENDO Yoichi, NAKASHIMA Yousuke,
Development of New Mirror Antenna for Generation of High Intermittent Heat Flux in GAMMA 10 Tandem Mirror,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).
19. KARIYA Tsuyoshi, IMAI Tsuyoshi, ENDO Yoichi, NAKASHIMA Yousuke, MINAMI Ryutaro, TSUMURA Kohei, EBASHI Yuto, IDEI Hiroshi, HANADA Kazuaki, ONO Masayuki, KOMURASAKI Kimiya, NUMAKURA Tomoharu,
Development of 28/35 GHz dual-frequency gyrotron for ECH study,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016)

(Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

20. NUMAKURA Tomoharu, IMAI Tsuyoshi, KARIYA Tsuyoshi, MINAMI Ryutaro, TSUMURA kohei, EBASHI Yuto, KAJINO Satoshi,
Code Development for the Calculations of the Time- dependent Multimode Oscillations in the Cavity of the Future High-Power Gyrotrons,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

21. Y. Nakashima, T. Imai, M. Sakamoto, I. Katanuma, T. Kariya, M. Yoshikawa, N. Ezumi, R. Minami, M. Hirata, J. Kohagura, T. Numakura, R. Ikezoe, K. Ichimura, X. Wang, M. Ichimura, and GAMMA 10/PDX group,
Overview of recent progress and future in GAMMA 10/PDX project,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

22. Y. Nakashima, K. Ichimura, Md. S. Islam, Md. M. Islam, K. Shimizu, K. Fukui, M. Ohuchi, T. Yokodo, M. Sakamoto, N. Ezumi, K. Nojiri, A. Terakado, M. Yoshikawa, M. Hirata, M. Ichimura, R. Ikezoe, T. Imai, T. Kariya, I. Katanuma, J. Kohagura, R. Minami, T. Numakura, X. Wang,
Recent Results of Characterization of Detached Plasma in Divertor Simulation Experiments Using the GAMMA 10/PDX Tandem Mirror,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

23. M. M. Islam, Y. Nakashima, S. Kobayashi, N. Nishino, K. Hosoi, K. Ichimura, M. S. Islam, K. Fukui, K. Shimizu, M. Ohuchi, M. Arai, T. Yokodo, G. Lee, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Hirata, R. Ikezoe, M. Ichimura, M. Sakamoto, and T. Imai,
Characteristics of SMBI fueling with laval nozzle in GAMMA 10 based on experimental and simulation results,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

24. T. Yokodo, Y. Nakashima, K. Shimizu, K. Ichimura, M. M. Islam, M. S. Islam, K. Fukui, M. Ohuchi, A. Terakado, K. Nojiri, M. Yoshikawa, N. Ezumi, M. Sakamoto, and T. Imai,
Study of the impurity transport by injecting the gas to D-module in GAMMA 10/PDX,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

25. M. Ohuchi, Y. Nakashima, H. Matsuura, K. Ichimura, M. S. Islam, M. M. Islam, K. Fukui, T. Yokodo, G. Lee, N. Ezumi, M. Sakamoto, K. Tsumura, R. Minami, T. Kariya, and T. Imai,
Evaluation of heat flux from the plasma flow by using calorimeter in the GAMMA 10/PDX end-cell,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

26. K. Fukui, Y. Nakashima, S. Nagata, K. Ichimura, M. M. Islam, M. S. Islam, K. Shimizu, M. Ohuchi, T. Yokodo, M. Arai, and K. Ohkawa,
Study of beam-material interaction by using hydrogen ion beam,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

27. M. S. Islam, Y. Nakashima, R. Tatsumi, A. Hatayama, K. Ichimura, M. M. Islam, K. Shimizu, K. Fukui, M. Ohuchi, T. Yokodo, G. Lee, N. Ezumi, M. Sakamoto, and T. Imai,
Study of plasma behavior during impurity injection in the end-cell of GAMMA 10/PDX by fluid code,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016) (Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

28. Masayuki Yoshikawa, Koichi Ohta, Masayuki Chikatsu, Yoriko Shima, Junko Kohagura, Rytaro Minami, Mizuki Sakamoto, Yousuke Nakashima, Makoto Ichimura, Tsuyoshi Imai, Ryo Yasuhara, Ichihiro Yamada, Hisamichi Funaba, and Takashi Minami,
Status of GAMMA 10/PDX-Thomson Scattering System,
11th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2016)

(Novosibirsk, Russia, 2016.8.8-2016.8.12).

29. T. Shimozuma, S. Kubo, Y. Yoshimura, H. Igami, H. Takahashi, T. Tsujimura, R. Makino, S. Ito, Y. Mizuno, K. Okada, S. Kobayashi, R. Minami, T. Kariya, T. Imai,
Present Status of the ECRH System in LHD and Development of a New Gyrotron and the Related Component,
US-EU-JA RF Technology Workshop (Leinsweiler Hof, Germany, 2016.9.21-2016.9.23).
30. Hiroki Tanaka, Mizuki Sakamoto, Hideo Watanabe, Masayuki Tokitani, Naoko Ashikawa, Shuntaro Ino, Akihiro Terakado, Naomichi Ezumi, Yousuke Nakashima,
Deuterium retention in heavy-ion-irradiated tungsten exposed to low energy and high flux plasma,
The 13th China-Japan Symposium on Materials for Advanced Energy Systems and Fission and Fusion Engineering (Hefei, China, 2016.9.26-2016.9.29) Po 2-051.
31. N. Ezumi, K. Nojiri, A. Terakado, K. Ichimura, M. Sakamoto and Y. Nakashima,
Investigation of the behavior of ion and neutral particle during detached plasma operation in GAMMA 10/PDX,
The 1st International “All-about-Divertor” Symposium (IADiS-1) (Kyoto, Japan, 2016.10.14-2016.10.15).
32. Y. Nakashima, K. Ichimura, M. Sakamoto, N. Ezumi, I. Katanuma, M. Yoshikawa, M. S. Islam, M. M. Islam, K. Fukui, M. Ohuchi, T. Yokodo, K. Nojiri, A. Terakado, M. Hirata, M. Ichimura, R. Ikezoe, T. Imai, T. Kariya, J. Kohagura, K. Lee, R. Minami, T. Numakura and S. Togo,
Present Status and Future of Divertor Simulation Research Using the GAMMA 10 /PDX Tandem Mirror,
The 1st International “All-about-Divertor” Symposium (IADiS-1) (Kyoto, Japan, 2016.10.14-2016.10.15).
33. M. S. Islam, Y. Nakashima, A. Hatayama, K. Ichimura, M. M. Islam, K. Fukui, M. Ohuchi, T. Yokodo, G. Lee, S. Togo, N. Ezumi, M. Sakamoto and T. Imai,
Numerical Simulation of Detached Plasma in the End-Cell of GAMMA 10/PDX for Divertor Simulation Study,
The 1st International “All-about-Divertor” Symposium (IADiS-1) (Kyoto, Japan, 2016.10.14-2016.10.15).
34. M. Sakamoto, H. Tanaka, H. Watanabe, N. Yoshida, M. Tokitani, S. Ino, A. Terakado, N. Ezumi, Y. Nakashima,
Hydrogen Isotope Retention in Tungsten Surface-modified by Heavy Ion Irradiation, Helium bubbles and Tungsten Deposition,
26th IAEA Fusion Energy Conference (Kyoto, Japan, 2016.10.17-2016.10.22) MPT/P5-14.
35. R. Ikezoe, M. Ichimura, M. Hirata, T. Okada, S. Sumida, S. Jang, J. Itagaki, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Sakamoto, Y. Nakashima,
Spatial Structure of Spontaneously Excited ICRF Waves and Relevant High-Energy Ion Loss in the GAMMA 10 Tandem Mirror,
26th IAEA Fusion Energy Conference (Kyoto, Japan, 2016.10.17-2016.10.22) EX/P8-43.
36. T. Kariya, T. Imai, R. Minami, T. Numakura, K. Tsumura, Y. Ebashi, Y. Endo, R. Ikezoe, Y. Nakashima, K. Sakamoto, Y. Oda, R. Ikeda, K. Takahashi, T. Kobayashi, S. Moriyama, T. Shimozuma, S. Kubo, Y. Yoshimura, H. Takahashi, H. Igami, S. Ito, K. Okada, S. Kobayashi, T. Mutoh, H. Idei, K. Hanada, K. Nagasaki, M. Ono, T. Eguchi, Y. Mitunaka,
Development of Over MW Gyrotrons for Fusion at Frequencies from 14 GHz to Sub-terahertz,
26th IAEA Fusion Energy Conference (Kyoto, Japan, 2016.10.17-2016.10.22) FIP/1-6Rc.
37. H. Idei, T. Onchi, T. Kariya, K. Hanada, T. Imai, A. Ejiri, O. Watanabe, K. Mishra, K. Nakamura, A. Fujisawa, Y. Nagashima, M. Hasegawa, S, Kawasaki, T. Nakashima, A. Higashijima, H. Zushi, Y. Takase, A. Fukuyama,
Non-inductive Electron Cyclotron Heating and Current Drive with Dual Frequency (8.2 /28 GHz) Waves in QUEST,
26th IAEA Fusion Energy Conference (Kyoto, Japan, 2016.10.17-2016.10.22) EX/P4-50.
38. Y. Nakashima, K. Ichimura, M. S. Islam, M. Sakamoto, N. Ezumi, M. Hirata, M. Ichimura, R. Ikezoe, T. Imai, T. Kariya, I. Katanuma, J. Kohagura, R. Minami, T. Numakura,

M. Yoshikawa, T. Iijima, M. M. Islam, K. Nojiri, K. Shimizu, A. Terakado, S. Togo, N. Asakura, M. Fukumoto, A. Hatayama, Y. Hirooka, S. Kado, H. Kubo, S. Masuzaki, H. Matsuura, T. Nakano, S. Nagata, N. Nishino, N. Ohno, A. Sagara, K. Sawada, M. Shoji, A. Tonegawa, Y. Ueda,
Recent Progress of Divertor Simulation Research Using the GAMMA 10/PDX Tandem Mirror,
26th IAEA Fusion Energy Conference (Kyoto, Japan, 2016.10.17-2016.10.22) EX-P8-42.

39. I. Katanuma, G. Oda, T. Oi,
Particle simulation on blob formation and propagation in an open system,
26th IAEA Fusion Energy Conference (Kyoto, Japan, 2016.10.17-2016.10.22) TH/P6-15.

40. R. Ikezoe, M. Ichimura, J. Itagaki, M. Hirata, S. Sumida, S. Jang, K. Izumi, A. Tanaka, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Sakamoto, Y. Nakashima,
Probing of high-frequency coherent fluctuations by using a two-channel microwave reflectometer with antenna switching,
58th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (San Jose, USA, 2016.10.31-2016.11.4) CP10.00168.

41. T. Onchi, H. Idei, M. Hasegawa, H. Ohwada, H. Zushi, K. Hanada, T. Kariya, K. Mishra, T. Shikama,
Intrinsic toroidal rotation in 28 GHz electron cyclotron heated plasmas on QUEST spherical tokamak,
58th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (San Jose, USA, 2016.10.31-2016.11.4).

42. I. Katanuma,
A design of the MHD stable axisymmetric mirror,
58th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (San Jose, USA, 2016.10.31-2016.11.4) YP10.00037.

43. D. Kuwahara, N. Ito, Y. Nagayama, H. Tsuchiya, M. Yoshikawa, J. Kohagura, T. Yoshinaga, S. Yamaguchi, Y. Kogi and A. Mase,
Development of Local Oscillator Integrated Antenna Array for Electron Cyclotron Emission Imaging Diagnostics,
58th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (San Jose, USA, 2016.10.31-2016.11.4) NP10.00163.

44. N. Ezumi and GAMMA10/PDX Group,
Recent Results of Divertor Simulation Experiment in the Tandem Mirror GAMMA10/PDX,
2016 U.S.-Japan Workshop on Heat Removal and Plasma Material Interactions for Fusion (Berkeley, CA, U.S.A, 2016.11.7-2016.11.8).

45. T. Tokuzawa, H. Tsuchiya, T. Saito, M. Tani, K. Yamamoto, H. Kitahara, M. Nishiura, J. Kohagura, M. Yoshikawa, S. Inagaki, I. Yamada and K. Tanaka,
Study of THz pulse wave application for the plasma diagnostics,
The 6th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2017) and The 2nd International Symposium on Development of High Power Terahertz Science and Technology (DHP-TST 2017) (Fukui, Japan, 2017.3.7-2017.3.9) P19.

46. Keishi Sakamoto, Tsuyoshi Kariya, Yasuhisa Oda, Ryutaro Minami, Ryosuke Ikeda, Takayuki Kobayashi, Koji Takahashi, Tsuyoshi Imai,
Development of Sub-Terahertz Gyrotron for DEMO,
The 6th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT 2017) and The 2nd International Symposium on Development of High Power Terahertz Science and Technology (DHP-TST 2017) (Fukui, Japan, 2017.3.7-2017.3.9).

47. 津村康平, 假家強, 今井剛, 南龍太郎, 沼倉友晴, 江橋優斗, 梶野悟史, 大内理人, 中嶋洋輔,
GAMMA10/PDX における ECRH による熱流束生成実験及び反射鏡性能評価試験,
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂, 2016.7.14-2016.7.15) 14P031.

48. 江橋優斗、今井剛、假家強、南龍太郎、沼倉友晴、津村康平、梶野悟史、中嶋洋輔,
28/35GHz 2 周波数高パワージャイロトロン用ダブルディスク窓の性能評価試験,
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂,

2016.7.14-2016.7.15) 14P032.

49. 梶野悟史，今井剛，假家強，南龍太郎，沼倉友晴，津村康平，江橋優斗，中嶋洋輔，坂本瑞樹，吉川正志，
GAMMA10/PDX セントラル ECRH アンテナの改良研究，
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂，2016.7.14-2016.7.15) 14P033.

50. 板垣惇平，池添竜也，市村真，平田真史，隅田脩平，ジャン・ソウォン,吉川正志，小波蔵純子，坂本瑞樹，中嶋洋輔，
反射計を用いた GAMMA 10 アンカー部 ICRF 加熱時の密度分布の変動と揺動の同時計測，
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂，2016.7.14-2016.7.15) 14P034.

51. 伊能俊太朗，坂本瑞樹，田中裕樹，渡邉英雄，時谷政行，芦川直子，寺門明紘，野尻訓平，江角直道，中嶋洋輔，
GAMMA 10 セントラル部に長期設置されたタングステン試料の水素同位体吸蔵特性，
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂，2016.7.14-2016.7.15) 14P067.

52. 東郷訓，滝塚知典，中村誠，星野一生，伊庭野健造，小川雄一，坂本瑞樹，
非接触ダイバータプラズマシミュレーションにおける温度非等方性の粘性近似の影響，
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂，2016.7.14-2016.7.15) 14P084.

53. 竹山紘平、大野哲靖、吉川正志、田中宏彦、梶田信，
直線型ダイバータ模擬実験装置における再結合フロント近傍の揺動計測，
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂，2016.7.14-2016.7.15) 14P087.

54. 田中裕樹，坂本瑞樹，渡邉英雄，時谷政行，伊能俊太朗，寺門明紘，江角直道,中嶋洋輔，
高エネルギー銅イオン照射されたタングステンの重水素吸蔵特性評価，
第 11 回核融合エネルギー連合講演会, (九州大学伊都キャンパス椎木講堂，2016.7.14-2016.7.15) 15P064.

55. 中嶋洋輔，
筑波大学プラズマ研究センターの研究計画と双方向型共同研究の概要，
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ，2016.7.27-2016.7.28).

56. 坂本瑞樹，
GAMMA 10/PDX における非接触プラズマ生成への水素リサイクリング効果に関する研究，
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ，2016.7.27-2016.7.28).

57. 松浦寛人，
熱絶縁型カロリーメーターの熱伝導解析，
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ，2016.7.27-2016.7.28).

58. 江角直道，
GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬実験におけるイオン温度計測の現状と今後の展開，
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ，2016.7.27-2016.7.28).

59. 竹野裕正，中本聡，市村和也，松浦寛人，宮澤順一，後藤拓也，中嶋洋輔，片沼伊佐夫，
GAMMA 10 におけるプラズマ直接発電器の小型化のための基礎研究，

平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ, 2016.7.27-2016.7.28).

60. 南龍太郎,
ELM 模擬に向けた ECH 入射電力変調/位置制御による高熱流束生成の基礎,
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ, 2016.7.27-2016.7.28).

61. 吉川正志,
GAMMA 10/PDX におけるトムソン散乱計測システムの構築,
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ, 2016.7.27-2016.7.28).

62. 小波蔵純子,
GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬部におけるマイクロ波干渉計の開発,
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ, 2016.7.27-2016.7.28).

63. 假家 強,
電子サイクロトロン高密度プラズマ加熱連携研究における 2 周波数(28/35GHz、14/21GHz)ジャイロトロンの開発と ECH 実験への適用,
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ, 2016.7.27-2016.7.28).

64. 池添竜也，ICRF グループ,
GAMMA 10 における温度非等方性緩和機構の解明に向けた ICRF 波動計測の進展,
平成 28 年度筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム・核融合エネルギーフォーラム ダイバータ研究開発ワーキングループ合同会合, (つくばイノベーションプラザ, 2016.7.27-2016.7.28).

65. 東郷訓,
非接触プラズマシミュレーションにおける非等方イオン温度の影響,
平成 28 年度第 1 回「境界領域プラズマダイナミクスの診断と制御」研究会, (核融合科学研究所, 2016.8.2-2016.8.3).

66. 隅田脩平,
JT-60U における DD 核融合生成 3He に起因するイオンサイクロトロン放射の分散関係の解析,
第 55 回プラズマ若手夏の学校第 30 回核融合炉夏期セミナー, (千葉県白子温泉リゾーン サンシャイン白子, 2016.8.30-2016.9.2).

67. ジャン ソウォン,
GAMMA 10/PDX におけるバリア部 ICRF 加熱を用いた端損失プラズマの制御,
第 55 回プラズマ若手夏の学校第 30 回核融合炉夏期セミナー, (千葉県白子温泉リゾーン サンシャイン白子, 2016.8.30-2016.9.2).

68. 板垣惇平,
GAMMA 10 極小磁場部における密度変動及び高周波揺動計測,
第 55 回プラズマ若手夏の学校第 30 回核融合炉夏期セミナー, (千葉県白子温泉リゾーン サンシャイン白子, 2016.8.30-2016.9.2).

69. 中嶋洋輔,
GAMMA10/PDX におけるモデリング研究,
BA 原型炉設計活動共同研究 : 原型炉設計に必要なダイバータおよび第一壁における物理課題の検討　第二回会合, (信州大学 信州科学技術総合振興センター, 2016.9.2).

70. 東郷訓,
非等方イオン温度を導入したスクレイプオフ層-ダイバータプラズマ一次元流体シミ

ュレーション,
プラズマシミュレータシンポジウム 2016, (核融合科学研究所, 2016.9.7-2016.9.8).
71. 隅田脩平，井手俊介，篠原孝司，池添竜也，市村 真，坂本瑞樹，平田真史,
JT-60U における DD 核融合生成 3He に起因するイオンサイクロトロン放射の密度依存性,
日本物理学会 2016 年秋季□会, (金沢大学角間キャンパス, 2016.9.13-2016.9.16) 15aKA-3.
72. 東郷訓,
イオン温度非等方性を考慮した非接触ダイバータプラズマの数値解析,
第 12 回 QUEST 研究会, (九州大学応用力学研究所, 2016.9.20-2016.9.21).
73. 井澤裕皓，北原知幸，市村和也，竹野裕正，中嶋洋輔,
カスプ型直接エネルギー変換器のラインカスプ上高周波電界の電子の運動に対する影響に関する研究 II,
平成 28 年電気関係学会関西連合大会, (大阪府立大学, 2016.11.22-2016.11.23) G5-14.
74. 北原勇希，呑田有也，市村和也，中本聡，竹野裕正，松浦寛人，中嶋洋輔,
静電減速によるダイバータ熱負荷低減のための熱量測定に関する研究,
平成 28 年電気関係学会関西連合大会, (大阪府立大学, 2016.11.22-2016.11.23) G5-15.
75. 北原知幸，井澤裕皓，市村和也，竹野裕正，中嶋洋輔,
カスプ型直接エネルギー変換器おける粒子分離用高周波電界下の電子の運動の数値解析,
平成 28 年電気関係学会関西連合大会, (大阪府立大学, 2016.11.22-2016.11.23) G5-16.
76. 若泉貴弘，佐藤大気，市村和也，竹野裕正，中嶋洋輔,
進行波型直接エネルギー変換器における集群による粒子の散乱効果についての研究,
平成 28 年電気関係学会関西連合大会, (大阪府立大学, 2016.11.22-2016.11.23) G5-17.
77. 福井 良磨、中嶋 洋輔、永田 普二、市村 和也、M.M.Islam、 M.S. hahinul.Islam、
大内 理人、横土敬幸、李冠億、吉本 翼、山下 双太郎 、大川 和夫,
GAMMA 10/PDX におけるイオンビームを用いた PWI の研究,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 29aP03.
78. M. M. Islam, Y. Nakashima, S. Kobayashi1, N. Nishino2, K. Hosoi, K. Ichimura3, M. S. Islam, K. Fukui, M. Ohuchi, T. Yokodo, G. Lee, S. Yamashita, T. Yoshimoto, M. Yoshikawa, J. Kohagura, M. Hirata, R. Ikezoe, M. Ichimura, M. Sakamoto and T. Imai,
Investigation of Plasma Behavior during ECRH Injection in the GAMMA 10 SMBI Experiments,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 29aP43.
79. 瀧本壽来生，飯島貴朗，利根川昭，佐藤浩之助，河村和孝,
直線型ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV における Super-X ダイバータに関する基礎研究,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 29aP77.
80. 佐藤大気，若泉貴弘，市村和也，竹野裕正，中嶋洋輔,
進行波型直接エネルギー変換器における集群改善の為の 2 周波変調方式の研究,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 29aP84.
81. 呑田有也，北原勇希，市村和也，中本 聡，竹野裕正，松浦寛人，中嶋洋輔,
直接エネルギー変換によるダイバータ負荷軽減のためのカスプ磁場型小型装置の改造,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 29aP85.
82. 中嶋洋輔，坂本瑞樹，江角直道，市村和也，M.S.Islam，M.M.Islam，大内理人，
福井良磨，横土敬幸，李 冠億，野尻訓平，寺門明紘，大野哲靖，門 信一郎，
澤田圭司，庄司 主，畑山明聖，福本正勝，朝倉伸幸，久保博孝，松浦寛人，今井 剛，

市村 真，片沼伊佐夫，假家 強，小波蔵純子，沼倉友晴，平田真史，南 龍太郎，
吉川正志，池添竜也，東郷 訓，飯島貴朗，
筑波大における大型直線装置を用いたダイバータ模擬研究の現状と将来計画，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aA05.

83. 野尻訓平，坂本瑞樹，江角直道，東郷訓，寺門明紘，ジャン ソウォン，吉川正志，
中嶋洋輔，
GAMMA 10/PDX における静電プローブ計測を用いて評価し たイオン温度のプラズマパラメータ依存性，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP23.

84. 大内理人、中嶋洋輔、松浦寛人、市村和也、M.S.Islam、M.M. Islam、福井良磨、
横土敬幸、李冠億、山下双太郎、吉本翼、江角直道，坂本瑞樹 ，津村康平、南龍太郎、
假家 強、今井 剛，
GAMMA 10/PDX 端部でのカロリーメータを用いた熱流束の計測，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP25.

85. 横土敬幸、中嶋洋輔、M.M. Islam、M.S. Islam、大内理人、福井良磨、李 冠億、
山下双太郎、吉本 翼、寺門明紘、野尻訓平、吉川正志、江角直道、坂本瑞樹、今井 剛，
GAMMA 10/PDX におけるアンカー部からエンド部にわたる広範囲の不純物挙動の計測，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP29.

86. 津村康平,假 家強,今井 剛,南龍太郎,沼倉友晴,江橋優斗,梶野悟史,岡田麻希,関口健太,
田沼康平，大内理人,中嶋洋輔，
GAMMA10/PDX における改良型 ECRH 反射鏡を用いた熱流束生成実験，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP45.

87. M. S. Islam, Y. Nakashima, A. Hatayama, K. Ichimura, M. M. Islam, K. Fukui, M. Ohuchi,
T. Yokodo, G. Lee, M. Yoshikawa, N. Ezumi, M. Sakamoto, and T. Imai,
Numerical Simulation Study of Ar and Ne Injection in the End-cell of GAMMA 10/PDX,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP51.

88. 松浦寛人，梅田雄太郎，M.S. Islam，大内理人，中嶋洋輔，
熱絶縁型カロリーメータの熱伝導解析，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP53.

89. 竹山紘平，大野哲靖，田中宏彦，吉川正志，梶田信，
分割エンドターゲットおよびマイクロ波干渉計を用いた非接触プラズマ中の揺動計測，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP58.

90. 市村和也，福本正勝，中嶋洋輔，久保博孝，庄司主，坂本瑞樹 3，江角直道，M.M.Islam,
M.S. Islam，大内理人，福井良磨，横土敬幸，寺門明紘，野尻訓平，李冠億，竹野裕正，
GAMMA 10/PDX ダイバータ模擬実験における希ガス圧力の測定，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP61.

91. 沼倉友晴,今井 剛,假家 強,南龍太郎,津村康平,江橋優斗,梶野悟史,岡田麻希,中嶋洋輔,
高出力発振ジャイロトロンのための計算コード開発，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30aP63.

92. 江橋優斗,假家 強,今井 剛,南龍太郎,沼倉友晴,津村康平,岡田麻希,中嶋洋輔,
ECRH 用 28/35GHz 2 周波数ジャイロトロンの開発，

プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30aP64.

93. 李冠億 、福井良磨 、M. M. Islam、 M. S. Islam、大内理人 、横土敬幸、山下双太郎、吉本翼、坂本瑞樹、今井剛、大川和夫、中嶋洋輔,
GAMMA 10/PDX における中性ヘリウムビームを用いた NBI の研究,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30aP69.

94. 伊能俊太朗, 田中裕樹, 坂本瑞樹, 本島 厳, 渡邉英雄, 芦川直子, 時谷政行, 江角直道, 中嶋洋輔,
GAMMA 10 におけるプラズマ対向壁面の変色評価,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30aP76.

95. 小波蔵純子, 吉川正志, 嶋頼子, 桑原大介, 伊藤直樹, 長山好夫, 野尻訓平, 坂本瑞樹, 中嶋洋輔, 間瀬淳,
GAMMA 10/PDX におけるマイクロ波干渉計を用いたダイバータ模擬プラズマの電子密度計測,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30pP22.

96. 鈴木健介, 辻原匡志, 梶田信, 大野哲靖, 飯島貴朗, 滝本壽来生, 利根川昭,
水素・ヘリウム混合プラズマにおけるヘリウム原子分光計測,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30pP26.

97. 池添竜也, 市村真, 板垣惇平, 平田真史, 隅田脩平, ジャンソウォン, 泉昂希, 田中温人, 吉川正志, 小波蔵純子, 坂本瑞樹, 中嶋洋輔,
アンテナスイッチングを用いた反射計による高温プラズマ内部アルベン波動の径方向と磁力線方向の構造計測,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30pP46.

98. 平田真史, ジャンソウォン, 隅田脩平, 市村真, 福山淳, 池添竜也, 坂本瑞樹, 板垣惇平, 泉昂希, 田中温人, 中嶋洋輔,
GAMMA10/PDX バリア部 ICRF アンテナの 3 次元波動解析コードを用いた評価,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30pP50.

99. ジャンソウォン, 市村真, 平田真史, 池添竜也, 坂本瑞樹, 隅田脩平, 板垣惇平, 泉昂希, 田中温人, 中嶋洋輔,
GAMMA10/PDX におけるアンカー部 ICRF アンテナを用いた端損失プラズマ制御実験,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30pP54.

100. 板垣惇平, 池添竜也, 市村真, 平田真史, 隅田脩平, ジャンソウォン, 泉昂希, 田中温人, 吉川正志, 小波蔵純子, 坂本瑞樹, 中嶋洋輔,
GAMMA 10 極小磁場部における反射計を用いた高周波揺動計測,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30pP55.

101. 隅田脩平, 井手俊介, 篠原孝司, 池添竜也, 市村 真, 坂本瑞樹, 平田真史,
D-D 反応生成ヘリウム 3 に起因したイオンサイクロトロン放射のトロイダル波数と励起,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 30pP57.

102. 梶野悟史, 今井剛, 假家強, 南龍太郎, 沼倉友晴, 津村康平, 江橋優斗, 岡田麻希, 関口健太, 田沼康平, 中嶋洋輔, 坂本瑞樹, 吉川正志,
GAMMA10/PDX セントラル部における ECR アンテナ系の改良設計と加熱効果検証,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)

30pP68.
103. 太田晃一、吉川正志、千勝雅之、小波蔵純子、嶋頼子、南龍太郎、坂本瑞樹、
中嶋洋輔、今井剛、安原亮、山田一博、丹場久芳、南貴司,
GAMMA 10/PDX におけるマルチパス・トムソン散乱計測システムの解析方法,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
30pP-PD1.
104. 東郷訓, 滝塚知典, 中村誠, 星野一生, 伊庭野健造, 李躍, 小川雄一, 坂本瑞樹,
非接触ダイバータプラズマにおける粒子束のロールオーバーと分岐特性,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01aP50.
105. 寺門明紘, 坂本瑞樹, 江角直道, 澤田圭司, 東郷 訓, 野尻訓平, 三上智弘, 横土敬幸,
吉川正志, 小波蔵純子 , 中嶋洋輔,
GAMMA 10/PDX における非接触プラズマ形成時の水素分子 線分光計測,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01aP53.
106. 梅田雄太郎, 松浦寛人, 秋吉優史, 奥田修一, 飯島貴朗, 小林広彰, 瀧本壽来生,
利根川昭,
衝突輻射モデルを用いたダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV おける非接触プラズマ中の
分子イオンの役割,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01aP54.
107. 飯島貴朗, 瀧本壽来生, 利根川昭, 佐藤浩之助, 河村和孝,
直線型ダイバータ模擬装置を用いた高密度水素プラズマでの不純物粒子挙動,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01aP56.
108. 坂本瑞樹, 寺門明紘, 野尻訓平, 江角直道, 横土敬幸, 東郷 訓, 小波蔵純子,
吉川正志, 中嶋洋輔,
GAMMA 10/PDX における高温ターゲットを用いたダイバー タ模擬実験,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01aP58.
109. 田中裕樹, 伊能俊太朗, 坂本瑞樹, 渡邉英雄, 大矢泰久, 桜田翔大, 藤田啓恵,
寺門明紘, 芦川直子, 時谷政行, 江角直道, 中嶋洋輔,
重水素プラズマ曝露された照射欠陥導入タングステンの昇温脱 離スペクトルの解析,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01aP79.
110. 假家 強,
核融合炉へ向けた大電力ジャイロトロンの開発研究,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01pC04.
111. 福成雅史 ,山口敏和 ,中村友祐 ,小紫公也 ,小田靖久,池田亮介,梶原 健,高橋幸司,
坂本慶司,南 龍太郎, 假家 強 ,今井 剛,
ジャイロトロンを用いた大電力ミリ波放電の発振周波数と集光形状による放電構造の
変化,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
01pC05.
112. 吉川正志, 太田晃一, 千勝雅之, 小波蔵純子, 嶋頼子, 南龍太郎, 坂本瑞樹,
中嶋洋輔, 今井剛, 安原亮, 山田一博, 舟場久芳, 釼持尚輝, 南貴司,
GAMMA 10/PDX におけるトムソン散乱計測システムの進展,
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3)
02pB02.
113. 江角直道, 小林楓, 木下洋輔, 野尻訓平, 寺門明紘, 東郷訓, 坂本瑞樹,
Md. Shahinul ISLAM, 横土敬幸, 小波蔵純子, 吉川正志, 中嶋洋輔, 澤田圭司, 桑原大介,

篠原俊二郎，増崎貴，
レーザー誘起蛍光法を用いたイオン・中性粒子速度分布計測に おけるプラズマとトレーサー粒子間温度緩和過程の影響，
プラズマ・核融合学会第 33 回年会, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3) 02pB06.

114. 中嶋洋輔，
ダイバータ模擬研究のこれまでの成果と新計画の概要，
第 33 回 プラズマ・核融合学会年会インフォーマルミーティング 5「筑波大学プラズマ研究センターにおける原型炉へ向けたダイバータ模擬実験装置の新計画」, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3).

115. 吉川正志，
新装置におけるダイバータ模擬プラズマの計測計画，
第 33 回 プラズマ・核融合学会年会インフォーマルミーティング 5「筑波大学プラズマ研究センターにおける原型炉へ向けたダイバータ模擬実験装置の新計画」, (東北大学青葉山キャンパス, 2016.11.29-2016.12.3).

116. Satoshi Togo, Tomonori Takizuka, Makoto Nakamura, Kazuo Hoshino, Kenzo Ibano, Yue Li, Yuichi Ogawa, Mizuki Sakamoto,
Research on behavior of divertor particle flux with a one-dimensional numerical model and an analytical one,
第 14 回核燃焼プラズマ統合コード研究会, (九州大学応用力学研究所, 2016.12.7-2016.12.8) 2-6.

117. 江角直道，木下洋輔，野尻訓平，寺門明紘，坂本瑞樹,G10 実験グループ,澤田圭司，田中宏彦，大野哲靖，小林政弘，増崎貴，
GAMMA10/PDX ダイバータ模擬モジュールにおけるプローブを用いた非接触プラズマ形成時のイオン温度計測，
平成 28 年度第 2 回「境界領域プラズマダイナミクスの診断と制御」研究会, (核融合科学研究所, 2016.12.13-2016.12.14).

118. 東郷訓，
ロールオーバーと分岐に着目したダイバータ粒子束の挙動の解析，
平成 28 年度第 2 回「境界領域プラズマダイナミクスの診断と制御」研究会, (核融合科学研究所, 2016.12.13-2016.12.14).

119. 大内理人、中嶋洋輔、松浦寛人、M.S. Islam、M.M. Islam,
GAMMA 10/PDX 西エンド部でのカロリーメーターを用いた熱流計測，
平成 28 年度第 2 回「境界領域プラズマダイナミクスの診断と制御」研究会, (核融合科学研究所, 2016.12.13-2016.12.14).

120. 福井良磨，
GAMMA 10/PDX におけるビーム・材料 相互作用研究の為のビーム入射系の開発，
平成 28 年度第 2 回「境界領域プラズマダイナミクスの診断と制御」研究会, (核融合科学研究所, 2016.12.13-2016.12.14).

121. M.M. Islam,
Investigation of Plasma Behavior during SMBI inGAMMA 10,
平成 28 年度第 2 回「境界領域プラズマダイナミクスの診断と制御」研究会, (核融合科学研究所, 2016.12.13-2016.12.14).

122. M.S. Islam,
Investigation of Detached Plasma by injecting Gasinto the D-module of GAMMA 10/PDX,
平成 28 年度第 2 回「境界領域プラズマダイナミクスの診断と制御」研究会, (核融合科学研究所, 2016.12.13-2016.12.14).

123. 横土 敬幸、中嶋 洋輔、M. S. Islam、吉本 翼，
GAMMA 10/PDX におけるエンド部 D-module から上流域に至る不純物挙動の計測，
「プラズマ科学における分光計測の高度化と原子分子過程研究の新展開」「原子分子データ応用フォーラムセミナー」合同研究会, (核融合科学研究所, 2016.12.20-2016.12.22).

124. 池添竜也，市村真，板垣惇平，平田真史，隅田脩平，ジャンソウォン，泉昂希，田中温人，吉川正志，小波蔵純子，坂本瑞樹，中嶋洋輔，
アンテナスイッチングを用いた反射計による多点 ICRF 波動計測，
第 6 回 ICRF 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, 2016.12.27).
125. 東郷訓，
SOL-DIV プラズマシミュレーションにおけるイオン温度非等方性の考慮の意義，
理論共同研究「過渡現象を含んだ壁面-周辺・炉心プラズマ相互作用モデリング」研究作業会, (核融合科学研究所, 2017.1.25-2017.1.26).
126. 今井 剛，
核融合プラズマ加熱用ジャイロトロン開発研究の進展 －筑波大学に於ける研究を中心に－，
理論共同研究「過渡現象を含んだ壁面-周辺・炉心プラズマ相互作用モデリング」研究作業会, (核融合科学研究所, 2017.1.25-2017.1.26).
127. 東郷訓，
非等方イオン温度による流体モデルの等方イオン温度による流体モデル及び粒子モデルとの比較，
SOL ダイバータモデリング研究会, (核融合科学研究所, 2017.2.15-2017.2.16).
128. 江角 直道，将来計画検討 WG，
原型炉に向けたダイバータ模擬実験装置新計画の概要，
仙台プラズマフォーラム『プラズマ流の基礎と応用に関する研究会』, (東北大学工学研究科, 2017.3.2-2017.3.3).
129. 池添竜也、市村 真、板垣惇平、泉昂希、平田真史、隅田脩平、ジャンソウォン、田中温人、坂本瑞樹、中嶋洋輔，
GAMMA 10/PDX における高速イオンの軸方向輸送解明に向けた波動計測の高度化，
仙台プラズマフォーラム『プラズマ流の基礎と応用に関する研究会』, (東北大学工学研究科, 2017.3.2-2017.3.3).
130. 隅田脩平，篠原孝司，池添□也，市村 真，坂本瑞樹，平田真史，井手俊介，
JT-60U におけるイオンサイクロトロン放射を駆動する高速イオンの速度分布解析，
第 20 回若手科学者によるプラズマ研究会, (量子科学技術研究開発機構那珂核融合研究所, 2017.3.6-2017.3.8)
131. 松浦寛人、小林進二、大島慎介、水内亨、中嶋洋輔，
熱流束モニターの為の複合プローブアレイの製作，
原子力学会 2017 年春の年会, (東海大学湘南キャンパス, 2017.3.27-2017.3.29) 3B07.

<解説・紀要等>

01. 假家 強，今井 剛，南龍太郎，津村康平，江橋優斗，岡田麻希，中嶋洋輔 ，出射浩，花田和明，下妻 隆，久保伸，小田靖久，池田亮介，坂本慶司，小野雅之，
核融合炉へ向けた大電力ジャイロトロンの開発
J. Plasma Fusion Res. Vol.93, No.3 (2017) 146-149

<受賞>

01. Md. Shahinul Islam,
Diagnostics of Detached Plasma by Calorimeters and Langmuir Probes in the case of Radiator Gas Injection in the D-module of GAMMA 10/PDX,
BEST Poster AWARD in 8th Korea-Japan Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasmas, 2016.8.27.
02. 田中裕樹，
Deuterium retention in heavy-ion-irradiated tungsten exposed to low energy and high flux plasma,

Outstanding Poster Award
The 13th China-Japan Symposium on Materials for Advanced Energy Systems and Fission and Fusion Engineering, Institute of Nuclear Energy Safety Technology(INEST), Hefei, China, 2016.9.29.

03. Jang Seowon,
第 13 回数理物質科学研究科研究科長賞, 2017.3.24.