

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03790

研究課題名(和文)複合ガス入射による非接触プラズマ挙動の理解と制御

研究課題名(英文)Understanding and control of plasma detachment caused by composite gas seeding

研究代表者

江角 直道 (Ezumi, Naomichi)

筑波大学・数理解物質系・准教授

研究者番号：20321432

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：GAMMA 10/PDXのダイバータ模擬実験モジュールにおいて、ダイバータ模擬プラズマへの水素及び不純物ガスパフによる非接触プラズマ形成機構の解明を行った。水素ガスと少量の窒素ガスの重畳入射による大幅なイオン粒子束の低下について、水素バルマー線発光やNH発光線強度の変化などから、これは窒素分子活性化再結合(N-MAR)によるものであることを明らかにした。N-MARの反応速度係数は、広い電子温度領域で水素分子活性化再結合(H-MAR)より高いことから、非接触プラズマの形成に重要な役割を果たすと考えられる。また、V字ターゲット角度の違いにより、H-MAR領域の位置の変化が観測された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の主な成果であるプラズマ中での窒素-水素の反応過程の理解は、核融合炉実現において重要な課題のひとつである定常的な高熱流束プラズマに晒されるダイバータ板への熱負荷低減に不可欠な非接触プラズマ制御の高度化に寄与するものである。また、その反応過程の理解は窒素、水素を利用する産業応用分野においても重要な知見となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Remarkable progress has been made on the understanding the role of N₂ and H₂ seeding on plasma detachment in divertor simulation experiments using the end-loss region of the tandem mirror device GAMMA 10/PDX. These issues have been experimentally investigated for different gas species, seeding rate and target angles. We have newly observed Nitrogen Molecular Assisted/Activated Recombination (N-MAR) processes during combination seeding of N₂ and H₂ which led to a clear decrease of ion flux to the divertor target. Simultaneously, spectrum emission from the NH radical has been observed. The results indicate the importance of molecular gas behavior for not only heat load control in fusion device, but also application for such as nitride processing, ammonia production and so on. Furthermore, V-shaped target experiment in different target angles shows an area of Hydrogen-MAR move to upstream in the case of small angle slot.

研究分野：プラズマ理工学、核融合学

キーワード：非接触プラズマ ダイバータ プラズマ-ガス相互作用 原子分子過程 分子活性化再結合 窒素 水素
ターゲット形状

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

環状磁場閉じ込め型核融合プラズマ実験装置において、熱と粒子の制御を行うダイバータ板への熱・粒子束負荷を低減するために、プラズマとガスとの相互作用によりダイバータ板の手前でプラズマを消滅させて「非接触プラズマ」を形成し、その空間構造や放射領域の位置を適切に制御することが重要課題のひとつとなっている(図1)。非接触プラズマの形成には、放射損失率の高い不純物ガス(Ar, Kr, Xeや窒素, Ne等)をダイバータ領域に入射させるが、多くの場合、単体ガス入射であり、水素・不純物ガスの複合ガス入射による効果や発現する物理化学的な現象と反応過程、非接触プラズマ形成とその構造に与える影響は明らかになっていない。ITER非接触プラズマの安定制御と核融合炉心プラズマとの両立の実現ならびに原型炉ダイバータ設計にはこれらの基礎的な知見を積み上げていくことが重要である。

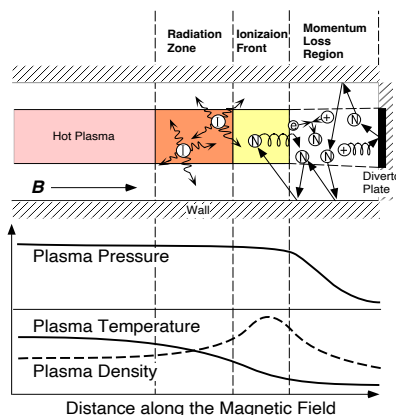


図 1: プラズマ-ガス相互作用によるプラズマ空間構造変化の概略図

2. 研究の目的

本研究は、水素と不純物ガスの重畳効果に焦点をあて、複合ガス入射に伴う物理化学的な現象、反応過程、非接触プラズマ形成とその空間構造に与える影響を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

境界領域プラズマ(周辺・ダイバータ)における熱・粒子負荷制御の要となる非接触プラズマの形成とその空間分布制御の理解には、SOL/ダイバータプラズマに匹敵する高温プラズマから非接触プラズマが生成される低温プラズマに至る空間的なプラズマの変化の総合的な理解が求められる。本研究では、図2に示すタンデムミラー型プラズマ装置 GAMMA10/PDXの端損失プラズマ領域(End region)に導入されているダイバータ模擬実験モジュールを用いて、複合ガス入射による、高温プラズマから非接触状態へと変化する過程とその空間構造を多地点に配置した計測器を駆使して明らかにする。これまでの比較的低温領域に注目したダイバータ模擬実験装置における非接触プラズマに関わる先進的な知見と大型装置で観測される物理過程とを橋渡しし、ITER/原型炉に向けた予測精度の高い、外挿性のある物理モデルの構築に寄与するものである。

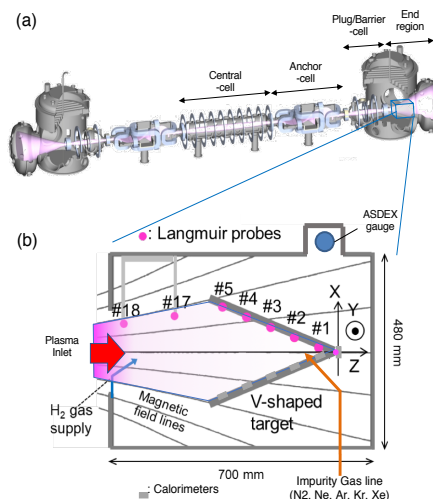


図 2: a)タンデムミラー型核融合プラズマ実験装置 GAMMA 10/PDX, b) ダイバータ模擬プラズマ実験モジュール(D-module)。内部には V 字ターゲット板, プローブ(LP, ISP)および分光計測用ファイバーを有する(プラズマは左から流入)。

複合ガス入射は、半導体プロセスや溶接などのプラズマ応用の際の状況ともガス種やプラズマ温度、密度等の共通する部分が多く、本研究で得られる知見は気相反応の物理化学過程や、種々の化合物合成や機能性薄膜生成など、産業応用分野への展開も期待できる。

4. 研究成果

(1) 非接触プラズマ形成への水素-窒素混合比の影響

窒素と水素のガス圧とその分圧比の変化に対して D-module 内に形成される非接触プラズマの空間分布とその時間発展の詳細を D-module プラズマ流入部の静電プローブ及びターゲット板に設置されている静電プローブアレイ、D-module 内に設置された多点同時分光計測システム、高速度カメラ等を用いて調べた。本実験では、D-module 内への水素および窒素ガス入射は、窒素

ガスは $t \sim 100$ ms から、水素ガスは $t \sim 150$ ms から入射した。リザーバタンクのプレナム圧を変えることにより、水素ガス圧力に比べ、約 0-10%の窒素ガス圧力になるよう調整した。水素-窒素重畳入射時、セントラル部の反磁性量 ($DM_{cc} \sim 0.2 \times 10^{-4}$ Wb) と電子線密度 ($NL_{cc} \sim 5.5 \times 10^{13}$ cm $^{-2}$) は、水素ガス単体入射時とほぼ同様の变化であった。図 3(a) に示すように、上流部 (D-module 入口) の電子密度 (n_e) はガス入射とともに上昇を続けており、イオン化が支配的であることがわかるが、窒素の比率による差はほとんどみられない。一方、図 3(b)-(d) に示す下流部 (ターゲット板プローブ#3) では、電子温度 (T_e) は追加ガス入射により低下し、 $t \sim 250$ ms 以降では、窒素の比率にかかわらず $T_e < 4$ eV まで低下した。また、 n_e とイオン粒子束 (Γ_i) は $t \sim 250$ ms 以降は減少に転じ、窒素の比率が高くなると、より低下する傾向を示した。特に、ロールオーバー後の Γ_i 低下の時間変化は、電子密度よりも顕著で、窒素比が高くなるほど急峻となった。プローブで観測されるイオン電流におけるイオン種の変化の影響も考えられるが、窒素比率の上昇に伴い、イオン温度の低下が促進されている可能性も示唆される。

水素バルマー α , β の発光強度 $I_{H\alpha}$, $I_{H\beta}$ については、図 4 に示すように水素単体入射時は、 $I_{H\alpha}$ と $I_{H\alpha}/I_{H\beta}$ は上昇を続けていることから、解離性付着に起因する水素分子活性化再結合 (H-MAR) が支配的であることを示しているといえる。一方、水素-窒素重畳時には $t \sim 210$ ms 以降で $I_{H\alpha}$ が減少に転じ、 $t \sim 250$ ms 以降では、窒素比率が高くなるに伴い $I_{H\alpha}/I_{H\beta}$ は低下し、その比は 4 程度で飽和する傾向を示した。これは、解離性付着に起因する H-MAR が抑制されていることを示唆していると考えられる。重畳入射時には H-MAR ではない他の体積再結合過程が発生したと考えられる。今後、窒素分子、水素分子のスペクトル解析から各分子の振動温度、回転温度を評価し、原子・分子反応過程との関連を議論するとともに、イオンセンシティブプローブ計測からイオン温度の影響についても検証が必要である。

(2) 水素ガスと少量の窒素、ネオン、水素重畳入射時の非接触プラズマの比較

ガスパフは D-module 入口と V 字ターゲットコーナー付近から少量の窒素、ネオン、水素のいずれかを入射し、これに加えて入口付近から水素ガスを追加入射した。少量入射によるガス圧力は、0.1~0.2 Pa、追加水素ガス入射による水素ガス圧力は時間と共に 1.5 Pa 程度まで上昇させた (図 5(a))。このとき V 字ターゲットコーナー近くの静電プローブで計測されたイオン粒子束は、どのガス種においてもロールオーバーを示し、窒素入射時に最も低下した。一方で、ネオンは水素入射時と同程度の変化を示した (図 5(b))。窒素重畳時のイオン粒子束のピーク値はネオンや水素重畳時に比べ小さいことから、イオン粒子束の変化には、イオン温度の低下やプローブに流入するイオン種の変化が影響していると考えられる。

図 5(c) に示すように、 $H\alpha$ 線と $H\beta$ 線の強度比は、ネオン重畳の場合には水素のみの入射時と同傾向の上昇が見られた。 $H\alpha$ 線と $H\beta$ 線の強度比は、解離性付着過程に起因する H-MAR の発生と強く関連することから、ネオン重畳は非接触過程や H-MAR に与える影響は小さいと考えられる。一方、窒素重畳の場合には、そのような強度比の上昇は見られない。このとき N-MAR の反応生成物のひとつである NH ラジカルからの発光スペクトルや NH_3 が質量分析によって観測されており、窒素重畳時には、支配的な再結合反応過程が H-MAR から N-MAR へ置き換わっていると言える。図 6 に高速度カメラにて撮影した D-module 内の (a) 窒素分子線 (N_2 第 1 正帯) および (b) ネオン原子線の発光空間分布を示す。窒素分子が V 字ターゲットコーナー部で強く発光し上流部での発光が弱いのに対し、ネオンは上流部でも強い発光が見られる。D-module 内の上流部において、

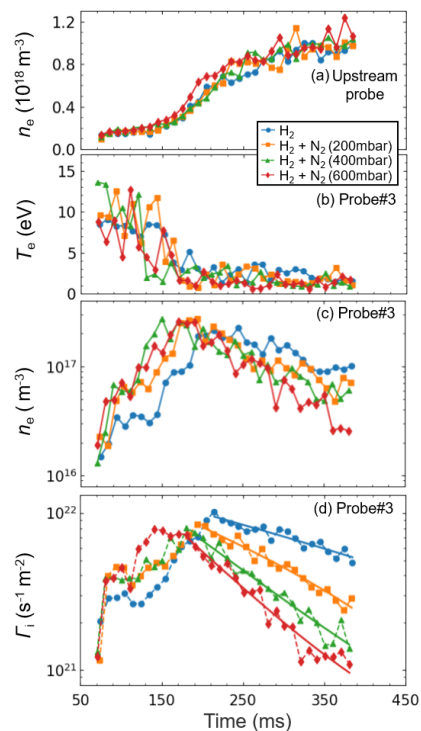


図 3: (a) D-module 内の中性ガス圧力上昇に伴う、(a) 上流電子密度、(b) ターゲット板上の電子温度、(c) 電子密度、(d) イオン粒子束の時間発展。凡例の圧力はリザーバタンク内のプレナム圧。

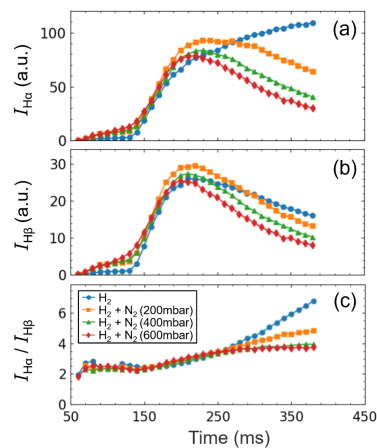


図 4: $H\alpha$, $H\beta$ ス発光スペクトル強度比の時間変化 (■ は水素のみ入射, ● 等は水素と窒素の重畳入射)。

窒素分子の解離やN-MAR 反応過程における他のイオン種、ラジカルへの転換が進み、窒素分子が消費されているものと考えられる。今後、N-MAR を含む分子性ガスの介在する原子分子反応過程への振動温度、回転温度の影響や、ガス入射位置による差異、ダイバースロット形状 (V 字ターゲット板角度) の効果等についての深化が求められる。

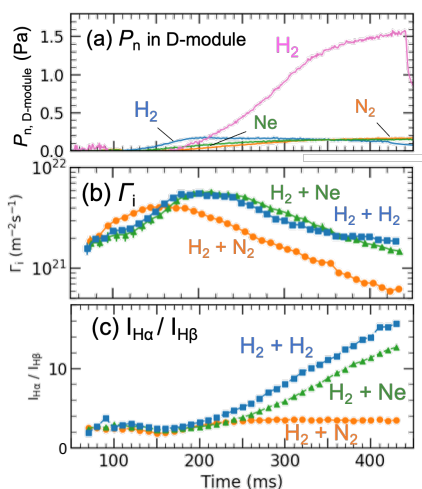


図 5: 水素ガスと少量の窒素, ネオン, 水素の重畳入射時の(a)中性ガス圧, (b)ターゲット板静電プローブ #3 におけるイオン粒子束, (c) $H\alpha$ 線と $H\beta$ 線強度比。

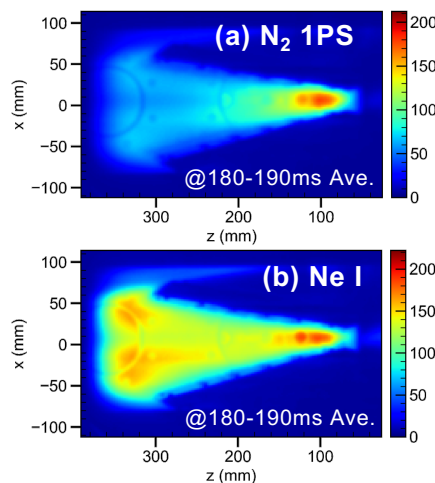


図 6: 高速カメラによる D-module 内の(a)窒素分子, (b)ネオン原子の発光空間分布。追加水素が多く入射する直前の同じ時間帯の比較。

(3) V 字ターゲット板角度の違いによる H_2 入射時の発光分布の変化

4 分岐光学系を備えた高速度カメラ (デモ機) を用い、異なるターゲット角度において 4 波長空間分布の同時観測を行った。4 波長のうち、2 波長はバルマー $H\alpha$ 線と $H\beta$ 線を観測した。図 7 に、これら 2 波長の強度比の初期的な解析結果を示す。水素ガスパフは V 字ターゲットコーナー付近から行った。ターゲット角度が広い場合 (a) に比べ、角度が狭い場合 (b) は高強度比の領域の上流側へシフトが観測された。これは H-MAR 反応が強く起きている領域がターゲット角度を狭くすることにより上流側にシフトしたものと考えられる。また、V 字ターゲットコーナー部では電子密度の低下している領域が、角度が狭くなると上流へ拡大することも示唆している。今後、高速度カメラとプローブ、分光データの詳細な解析および比較を進めるとともに、ストライクポイント位置や分子性ガスの振動・回転温度に注目した、ダイバースロット形状に関する調査が重要である。

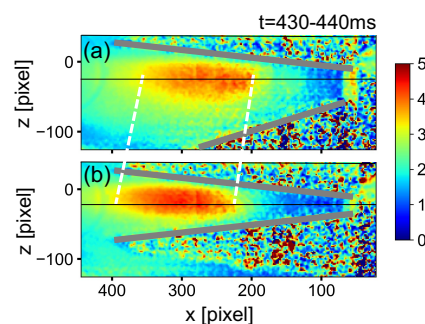


図 7: H_2 入射時の V 字ターゲット角度の違いによる $H\alpha, H\beta$ 線発光強度比空間分布の比較。ターゲット開口角 (a) 約 40 度, (b) 約 15 度。

[引用文献]

- ① N. Ezumi *et al.*, Nucl. Fusion **59** (2019) 66030.
- ② H. Gamo *et al.*, Plasma Fusion Res. **16** (2021) 2402041.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Mukai K., Peterson B. J., Ezumi N., Shigematsu N., Ohshima S., Miyashita A., Matoike R.	4. 巻 92
2. 論文標題 Sensitivity improvement of infrared imaging video bolometer for divertor plasma measurement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 063521-1 ~ -5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0043664	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 GAMO Hiroki, EZUMI Naomichi, SUGIYAMA Tsukasa, NOJIRI Kunpei, KONDO Ayane, HIRATA Mafumi, KOHAGURA Junko, YOSHIKAWA Masayuki, NAKASHIMA Yousuke, HWANGBO Dogyun, SAKAMOTO Mizuki, PERILLO Renato, KUWABARA Tatsuya, TANAKA Hirohiko, OHNO Noriyasu, SAWADA Keiji, TONEGAWA Akira, MASUZAKI Suguru	4. 巻 16
2. 論文標題 Influence of Nitrogen Ratio on Plasma Detachment during Combined Seeding with Hydrogen on Divertor Simulation Experiment of GAMMA 10/PDX	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2402041 ~ 2402041
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.16.2402041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Ezumi N., Iijima T., Sakamoto M., Nakashima Y., Hirata M., Ichimura M., Ikezoe R., Imai T., Kariya T., Katanuma I., Kohagura J., Minami R., Numakura T., Yoshikawa M., Togo S., Islam M.S., Islam M.M., Nojiri K., Terakado A., Jang S., Kinoshita Y., Mikami T., Yamashita S., Yoshimoto T., Hara T., Hatayama A., et al.	4. 巻 59
2. 論文標題 Synergistic effect of nitrogen and hydrogen seeding gases on plasma detachment in the GAMMA 10/PDX tandem mirror	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 066030 ~ 066030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ab1a4a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 3件/うち国際学会 11件）

1. 発表者名 N. Ezumi, H. Gamo, S. Takahashi, T. Sugiyama, T. Okamoto, N. Shigematsu, K. Takanashi, A. Kondo, T. Seto, S. Togo, M. Hirata, D. Hwangbo, J. Kohagura, M. Yoshikawa, Y. Nakashima, M. Sakamoto, R. Perillo, N. Ohno, K. Sawada, S. Masuzaki
2. 発表標題 Spatiotemporal observation of N-MAR in GAMMA 10/PDX
3. 学会等名 25th International Conference on Plasma Surface Interaction in Fusion Devices (PSI-25) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 N. Ezumi, H. Gamo, T. Sugiyama, A. Kondo, N. Shigematsu, T. Seto, T. Okamoto, K. Takanashi, S. Takahashi, S. Togo, M. Hirata, J. Kohagura, M. Yoshikawa, Y. Nakashima, M. Sakamoto, S. Masuzaki
2 . 発表標題 Observation of nitrogen assisted/associated recombination in divertor relevant hydrogen plasma of GAMMA 10/PDX
3 . 学会等名 ISPlasma2022 / IC-PLANTS2022 (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 N. EZUMI, T. SUGIYAMA, H. GAMO, Y. TAKAMI, T. IIJIMA, K. NOJIRI, T. HARA, Y. ANDO, A. KONDO, M. HIRATA, J. KOHAGURA, M. YOSHIKAWA, Y. NAKASHIMA, M. SAKAMOTO, R. PERILLO, H.Y. GUO, T. KUWABARA, H. TANAKA, N. OHNO, K. SAWADA, A. TONEGAWA, S. MASUZAKI
2 . 発表標題 Plasma Detachment in GAMMA 10/PDX Tandem Mirror: Role of Molecule Gases and Target Configuration
3 . 学会等名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 N. Ezumi, H. Gamo, T. Sugiyama, A. Kondo, S. Togo, M. Hirata, J. Kohagura, M. Yoshikawa, Y. Nakashima, M. Sakamoto, R. Perillo, N. Ohno, K. Sawada, S. Kado, S. Masuzaki
2 . 発表標題 Influence of Nitrogen and Neon on Plasma Detachment during Combined Seeding with Hydrogen on Divertor Simulation Experiment of GAMMA 10/PDX
3 . 学会等名 30th ITPA-DivSOL meeting (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 N. Ezumi, H. Gamo, T. Sugiyama, A. Kondo, S. Togo, M. Hirata, J. Kohagura, M. Yoshikawa, Y. Nakashima, M. Sakamoto, R. Perillo, N. Ohno, K. Sawada, S. Masuzaki
2 . 発表標題 Divertor simulation experiment in the open magnetic field of GAMMA 10/PDX: effect of nitrogen seeding on plasma detachment
3 . 学会等名 International Mini-Workshop on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山史作, 江角直道, 蒲生宙樹, 近藤綾音, 重松直希, 瀬戸拓実, 平田真史, 小波蔵純子, 吉川正志, 中嶋洋輔, 皇甫度均, 東郷訓, 坂本瑞樹, 桑原 弥, 田中宏彦, 大野哲靖, 澤田圭司, 利根川昭, 増崎貴, 河村学思
2. 発表標題 GAMMA 10/PDXにおけるV字ターゲット角度によるダイバータ模擬プラズマへの影響
3. 学会等名 第38回プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 蒲生宙樹, 江角 直道, 杉山史作, 近藤綾音, 重松直希, 瀬戸拓実, 東郷訓, 平田真史, 小波蔵純子, 吉川正志, 皇甫度均, 中嶋洋輔, 坂本瑞樹, R. Perillo, 桑原竜弥, 田中宏彦, 大野哲靖, 澤田圭司, 利根川昭, 増崎貴
2. 発表標題 GAMMA 10/PDXダイバータ模擬実験における水素ガスと窒素及びネオンガスとの重畳入射が非接触プラズマ形成へ及ぼす影響
3. 学会等名 第38回プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 重松直希, 向井清史, 江角直道, 坂本瑞樹, 東郷訓, 平田真史, 蒲生宙樹, 杉山史作, 近藤綾音, 瀬戸拓実
2. 発表標題 GAMMA 10/PDXにおけるイメージングボロメータ計測の高感度化
3. 学会等名 第38回プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江角直道
2. 発表標題 プラズマ-ガス複合系の物理 ~ 再結合過程を中心に ~
3. 学会等名 第25回プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 N. Ezumi, H. Gamo, T. Sugiyama, K. Nojiri, A. Kondo, M. Hirata, J. Kohagura, M. Yoshikawa, Y. Nakashima, M. Sakamoto, R. Perillo, H.Y. Guo, T. Kuwabara, H. Tanaka, N. Ohno, K. Sawada, S. Kado, A. Tonegawa, S. Masuzaki
2 . 発表標題 Recent research progress on plasma detachment in divertor simulation experiment in GAMMA 10/PDX: Role of molecular processes and target configuration
3 . 学会等名 4th Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPs-DPP2020) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Tsukasa SUGIYAMA, Naomichi EZUMI, Hiroki GAMO1, Kunpei NOJIRI, Ayane KONDO, Mafumi HIRATA, Masayuki YOSHIKAWA, Dogyun HWANGBO, Houyang GUO, Junko KOHAGURA, Yousuke NAKASHIMA, Mizuki SAKAMOTO, Tatsuya KUWABARA, Hirohiko TANAKA, Noriyasu OHNO, Keiji SAWADA, Akira TONEGAWA, Suguru MASUZAKI, Gakushi KAWAMURA
2 . 発表標題 Effects of V-shaped target angle on plasma behavior in the GAMMA 10/PDX divertor simulation experimental module
3 . 学会等名 The 29th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (ITC29) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Hiroki GAMO, Naomichi EZUMI, Tsukasa SUGIYAMA, Kunpei NOJIRI, Ayane KONDO, Mafumi HIRATA, Junko KOHAGURA, Masayuki YOSHIKAWA, Yousuke NAKASHIMA, Dogyun HWANGBO, Mizuki SAKAMOTO, Renato PERILLO, Tatsuya KUWABARA, Hirohiko TANAKA, Noriyasu OHNO, Keiji SAWADA, Akira TONEGAWA, Suguru MASUZAKI
2 . 発表標題 Influence of nitrogen ratio during combined seeding with hydrogen on plasma detachment in the divertor simulation experimental module of GAMMA 10/PDX
3 . 学会等名 The 29th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (ITC29) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 N. Ezumi, H. Gamo, T. Sugiyama, K. Nojiri, A. Kondo, M. Hirata, J. Kohagura, M. Yoshikawa, Y. Nakashima, M. Sakamoto, R. Perillo, H.Y. Guo, T. Kuwabara, H. Tanaka, N. Ohno, K. Sawada, S. Kado, A. Tonegawa, S. Masuzaki
2 . 発表標題 Role of Molecular Processes and Target Configuration on Plasma Detachment in GAMMA 10/PDX
3 . 学会等名 24th International Conference on Plasma Surface Interaction in Fusion Devices (PSI-24) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山史作, 江角直道, 蒲生宙樹, 野尻訓平, 近藤綾音, 平田真史, 小波蔵純子, 吉川正志, 中嶋洋輔, 皇甫度均, 坂本瑞樹, H.Y. Guo, 桑原竜弥, 田中宏彦, 大野哲靖, 澤田圭司, 利根川昭, 増崎 貴, 河村学思
2. 発表標題 GAMMA 10/PDXダイバータ模擬プラズマのV字ターゲット角度及び追加ガス入射位置による変化
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 蒲生宙樹, 江角直道, 杉山史作, 野尻訓平, 近藤綾音, 平田真史, 小波蔵純子, 吉川正志, 中嶋洋輔, 皇甫度均, 坂本瑞樹, R.Perillo, 桑原竜弥, 田中宏彦, 大野哲靖, 澤田圭司, 利根川 昭, 増崎 貴
2. 発表標題 GAMMA 10/PDXダイバータ模擬実験における非接触プラズマ形成への水素-窒素混合比の影響
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Ezumi, H. Gamo, T. Sugiyama, Y. Takami, T. Iijima, K. Nojiri, A. Terakado, T. Hara, Y. Ando, M. Sakamoto, M. Hirata, J. Kohagura, M. Yoshikawa, Y. Nakashima, R. Perillo, T. Kuwabara, H. Tanaka, N. Ohno, K. Sawada, A. Tonegawa and S. Masuzaki
2. 発表標題 Plasma detachment caused by composite gas seeding in front of variable angle V-shaped target of GAMMA 10/PDX
3. 学会等名 7th International Workshop on Plasma Material Interaction Facilities for Fusion (PMIF 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Ezumi, R. Perillo, T. Iijima, K. Nojiri, A. Terakado, M. Sakamoto, Y. Nakashima, M. Hirata, J. Kohagura, M. Yoshikawa, T. Hara, Y. Ando, H. Gamo, T. Sugiyama, Y. Takami, K. Honma, A. Kondo, T. Kuwabara, H. Tanaka, N. Ohno, K. Sawada, S. Kado, A. Tonegawa and S. Masuzaki
2. 発表標題 Plasma detachment in divertor simulation experimental module of GAMMA 10/PDX: role of molecule gases
3. 学会等名 The 28th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (ITC28) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江角直道, 飯島貴朗, 野尻訓平, 寺門明紘, 原利樹, 安藤泰斗, 杉山史作, 蒲生宙樹, 高見耀平, 本間佳史, 近藤綾音, 坂本瑞樹, 平田真史, 小波蔵純子, 吉川正志, 中嶋洋輔, R. Perillo, 桑原竜弥, 田中宏彦, 大野哲靖, 澤田圭司, 利根川昭, 増崎貴
2. 発表標題 GAMMA 10/PDX における窒素-水素複合入射による非接触プラズマ形成への V字ターゲット角度の影響
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤泰斗, 江角直道, 原利樹, 野尻訓平, 坂本瑞樹, 飯島貴朗, 小波蔵純子, 中嶋洋輔, 吉川正志, 寺門明紘, 向井清史
2. 発表標題 GAMMA10/PDX ダイバータ模擬プラズマにおける放射損失パワー空間分布計測のためのイメージングボロメータシステムの開発
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原利樹, 飯島貴朗, 江角直道, 野尻訓平, 寺門明紘, 杉山史作, 蒲生宙樹, 本間佳史, M.S. Islam, 平田真史, 坂本瑞樹, 中嶋洋輔
2. 発表標題 GAMMA 10/PDXダイバータ模擬プラズマ上流・下流のプロープ計測による非接触プラズマ形成過程のエネルギー損失評価
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

筑波大学プラズマ研究センター https://www.prc.tsukuba.ac.jp

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	University of California, San Diego	General Atomics	