

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01057

研究課題名(和文)ダイポール磁場に保護された水素イオン性プラズマが左手系媒質であることの実証

研究課題名(英文)Verification that a hydrogen ionic plasma protected by a dipole magnetic field is negative-index metamaterials

研究代表者

大原 渡(Oohara, Wataru)

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：80312601

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：偏向磁場を横切って水素プラズマをAl電極へ照射して生成されたイオン性プラズマ中で、励起された静電波には後進波も存在した。しかし、水素分子正イオン以外の分子イオンが混在して、このイオンの崩壊に伴って電子やH⁻が局所空間で生成されることが明らかになった。プリカーサの存在は望ましくないため、これ以上の伝搬特性解明は保留した。磁化された小惑星を模擬したAl球電極を、太陽風を模擬した水素プラズマ流に晒した。地球のバン・アレン帯に相当する領域では負イオンの存在割合は少なく、極域から磁力線に沿って夜側領域へ負イオンが流出していることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水素プラズマをAl電極へ照射すると水素負イオン(H⁻)が生成される機構は、以前から不明であった。水素化アルミ分子と予想されるプリカーサの崩壊に伴ってH⁻が生成されるという、新たな水素負イオン生成機構の解明が進んだ。磁化された小惑星表面付近で負イオンが生成される場合に、磁場に守られて負イオンが安定してどこに多く存在できるのかを明らかにした。独特の波動伝搬特性を持つ媒体である水素イオン性プラズマが宇宙で自然に形成され得るのか、という問いに答えようとする試みである。

研究成果の概要(英文)：The excited electrostatic waves also contained backward waves in an ionic plasma generated by irradiating hydrogen plasma across an applied magnetic field onto an Al electrode. However, it was found that, in addition to hydrogen molecular positive ions, the other molecular ions were mixed in, and electrons and H⁻ were locally produced, accompanying the decay of the other molecular ions. Due to the undesirable presence of precursors, further elucidation of the propagation characteristics was put on hold. An Al spherical electrode simulating a magnetized asteroid was exposed to a hydrogen plasma flow simulating the solar wind. The proportion of negative ions was small in the region corresponding to Earth's Van Allen belts, and negative ions were flowing out from the polar regions along the magnetic field lines into the nightside area.

研究分野：プラズマ理工学

キーワード：プラズマ・核融合 イオン性プラズマ 左手系媒質

1. 研究開始当初の背景

通常のプラズマは、質量が大きく異なる電子と正イオンから構成されており、質量の違いが電磁場に対する荷電粒子の応答に影響を与える。軽い電子が関与する短小の時間的・空間的スケールに対して、重い正イオンは長大の時空間スケールに関与する。また、電子と正イオン両方が関与するハイブリッド時空間スケールもある。異質量の荷電粒子運動に起因する時空間的な階層構造が生み出されることが、プラズマ物性に豊富な多様性が現れる所以である。一方、等質量の正負荷電粒子のみから構成される特別なプラズマは、ペアプラズマと呼ばれる。ペアプラズマは正負荷電粒子の時空間スケールが等しく、粒子挙動に対称性があることに特徴がある。通常の電子-正イオンプラズマでは時空間的に全く独立した別々の集団的現象であったものが、ペアプラズマでは中間のハイブリッド的な範囲へ縮退するという現象が現れる。ペアプラズマは粒子運動に関連した時空間対称性を有する独特の媒体として、世界的に注目されてきた。電子の反物質である陽電子と電子から構成される電子-陽電子ペアプラズマの生成は行われたが、陽電子と電子の対消滅が発生して、安定してプラズマの生成・維持が難しく、集団的現象の実験的解明は進んでいない。そこで、等質量の重い正負イオン (C_{60}^+ , C_{60}^-) から構成されるペアプラズマが安定して生成されて、その集団物性について調べられてきた (2000-2007 年)。高質量 (720 amu) のイオンから構成されるプラズマゆえに低周波数帯の静電波しか励起できないが、ペアプラズマの集団物性解明の一環として波動伝搬特性が調べられた。通常の電子-正イオンプラズマ中では、電子と正イオンの質量が大きく異なることに起因して、電子プラズマ波とイオン音波の周波数は 2 桁以上異なり、完全に独立したモードとして存在する。ペアプラズマでは正負荷電粒子の質量が等しいため、周波数が縮退して各モードの周波数が隣接するようになる。理論的に存在しないとされるモード間の周波数帯 (カットオフ周波数帯) において、ペアプラズマでは後進波 (位相速度 >0 , 群速度 <0) が存在することが実験的に明らかとなった。正負荷電粒子の挙動対称性が生み出すペアプラズマの物性には、通常プラズマには無い特異性がある。

電子-陽電子ペアプラズマは反物質で構成されるがゆえに、現世界では一時的に存在しても、普遍的に存在する媒質とはいえない。 C_{60} ペアイオンプラズマは安定して存在できるが、 C_{60} のようなフラレンが宇宙空間で普遍的に存在するとは思われない。宇宙で最も多く存在する物質は水素である。条件を満たせば電子がほとんど存在せず、分子状正イオン (H_2^+ , H_3^+) を含む水素正負イオンから構成される水素イオン性プラズマが自然に形成されている可能性がある。なお、分子状正イオンが含まれない、等質量の H^+ と H^- から構成される特別なプラズマは水素ペアイオンプラズマであるが、水素ペアイオンプラズマは未だ実現されていない。

2. 研究の目的

電子がほぼ存在しない水素イオン性プラズマは、水素ペアイオンプラズマに準ずる集団物性を示し、通常の水素プラズマとは大きな違いがあると予想される。磁力線を横切って形成された水素イオン性プラズマが、周波数帯域に依存して左手系媒質または右手系媒質として振る舞うことを、波動伝搬特性によって実証することが、本研究の目的である。また、地磁気を有する惑星近傍に水素イオン性プラズマが形成されるならば、波動が通過する際に特異な屈折率を示すことが予想されるため、通常伝搬波の想定から大きくずれる原因になり得る。流れのある水素プラズマ中にダイポール磁場を形成すると、ある空間領域に水素イオン性プラズマが安定して維持され得るのかを明らかにする。

3. 研究の方法

水素プラズマ中にダイポール磁場を印加した球電極周辺のプラズマ分布を、ラングミュアプローブを用いて測定する。太陽風をイメージした正イオン流が重畳された水素プラズマを生成して、そのプラズマ中に小惑星をイメージしたダイポール磁場が印加された球電

極を配置する。球電極周辺プラズマ分布を、可動ラングミュアプローブで測定する。ここで、水素負イオンの生成量に大きな差が現れるように球電極の材料を変更した場合と、ダイポール磁場の有無におけるプラズマ分布を比較する。なお、ダイポール磁場によって水素イオン性プラズマが球電極周辺に形成されたとしても、室内実験ではそのプラズマ体積は小さい。励起波動の波長よりも短いプラズマ長であれば、境界条件が波動の分散関係に強い影響を及ぼす。そこでプラズマ長が長い水素イオン性プラズマを別途生成して、波動伝搬特性を測定する。負イオン生成領域付近へ偏向磁場を印加することにより、水素イオン性プラズマが形成され、そのプラズマ中で励起された静電波の伝搬特性を測定する。

4. 研究成果

【水素プラズマ流中のダイポール磁場付球電極周辺のプラズマ分布】

水素プラズマ流中にダイポール磁場を形成すると、正負イオンのみから構成される水素イオン性プラズマが、磁場に保護されて安定して維持されるのかについて調べた。25 cm × 25 cm 角の断面の真空容器内壁へのプラズマ損失をラインカスプ磁場によって低減された水素プラズマ源が、軸方向に2台接続されたタンデムプラズマ源を構築した。水素プラズマ密度は $3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。金属メッシュで区切られた2つの水素プラズマ源の間に電位差をつけることにより、正イオンを加速入射することができる。エネルギー制御された正イオン流をもう一つの水素プラズマへ重畳させて、太陽風を模擬した水素プラズマ流を形成できるようになった。太陽風の平均速度は 400 km/s (840 eV) であるが、ここでは装置の都合でそれよりも低い 100 eV 程度の正イオン流しか生成できない。

地磁気を有する小惑星を模擬して SmCo 永久磁石を内包させた直径 6 cm のアルミニウム (Al) 製の球電極を、浮遊電位に保って水素プラズマ流中に設置した。極域の球電極表面の最大磁束密度は 105 mT である。地球の磁気圏は、太陽方向へ地球半径の 10 倍程度まで広がっており、太陽と反対方向へは 200 倍以上に達しているとのことである。極カスプ磁場付近のプラズマの流れを模擬するためには、少なくとも極域から球電極半径の 4 倍程度離れた空間まで水素プラズマ流が維持されるように、球電極のサイズは直径 6 cm とした。小惑星は地球磁気の 1/10 のダイポール磁場を持つと仮定するならば ($6.2 \mu\text{T}$)、地球周辺のプロトンラーマ半径との比較より、球電極は直径 20 km 程度の小惑星に相当する。磁化コアを持つ小惑星ルテティアの直径は 48 km 程度なので、その半分程度のサイズである。z-y 平面の z 軸 20 cm 幅、y 軸 11 cm 幅の範囲を掃引できる可動ラングミュアプローブを用いて、プラズマ源がある方向の昼側から下流方向の夜側までの 2 次元空間で、球電極表面から 2 mm 以上離れた空間のプラズマ分布を測定した。負イオンが混在しているので、プローブの負電流は電子電流と負イオン電流から構成されている。準中性プラズマにおける測定では、正飽和電流 I_{p+} はプラズマ密度を反映しており、正負飽和電流比 $|I_{p-}/I_{p+}|$ は負イオンの存在割合を反映している。この電流比が低いほど、負イオンが多く存在することを意味

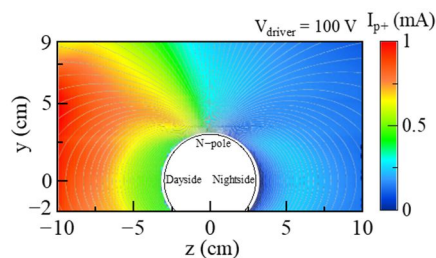


図 1

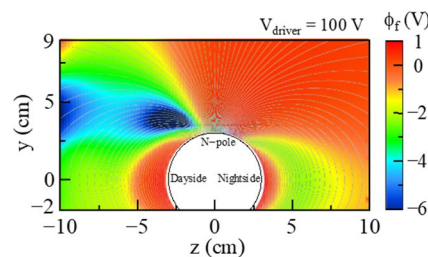


図 2

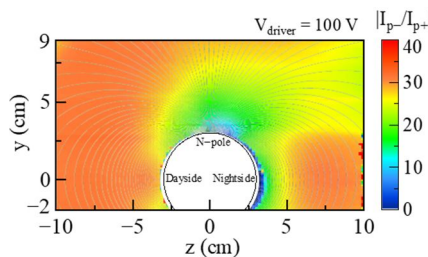


図 3

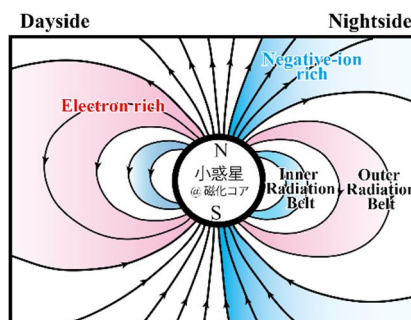


図 4

する。可動ラングミュアプローブを用いて、プラズマ源がある方向の昼側から下流方向の夜側までの 2 次元空間で、球電極表面から 2 mm 以上離れた空間のプラズマ分布を測定した。負イオンが混在しているので、プローブの負電流は電子電流と負イオン電流から構成されている。準中性プラズマにおける測定では、正飽和電流 I_{p+} はプラズマ密度を反映しており、正負飽和電流比 $|I_{p-}/I_{p+}|$ は負イオンの存在割合を反映している。この電流比が低いほど、負イオンが多く存在することを意味

する。また、プローブの浮遊電位 ϕ_f が低いほど、電子が多く存在している。シース領域の範囲は明確ではないが、球電極表面近傍は準中性プラズマではない可能性がある。そのため、球電極表面付近における電流比の高低や負イオン存在割合については議論しない。負イオンは Al 球電極の表面近傍で生成されており、その生成機構については、次のセクションで説明する。

正飽和電流の z - y 方向コンターマップ (図 1) より、プラズマ密度の高い領域が分かり、プラズマ閉じ込めやプラズマの流れの道筋が見える。磁力線に敏感な電子は、磁力線に沿った軌道をとる。電子は昼側から磁力線に沿って球電極の極域へ向かう。極域では磁束密度が高くなるため、電子の多くはミラー反射して磁力線に沿って昼側へ戻ると考えられる。戻る電子が重畳する領域では、密度が増加すると考えられる。ラーマ半径の大きな正イオンは磁力線分布に忠実ではないが、準中性となるように電子密度分布に従って正イオンが分布するため、結果的に磁力線に沿って密度が高くなる。浮遊電位の z - y 方向コンターマップ (図 2) において、磁力線に沿って密度が高くなる領域では、より深く負電位になっている。球電極へ向かう電子だけでなく、ミラー反射して戻る電子もプローブ電極へ流れ込もうとするため、浮遊電位がより負電位になって電子の流入が抑制されたといえる。なお、地球周囲のバン・アレン帯の outer ベルトに相当する領域のプラズマ密度は高くなっている。球電極は直径 20 km 程度の小惑星を模擬しており、地球サイズに比べて非常に小さいにも関わらず、バン・アレン帯のようなプラズマ密度が高くなる領域がよく模擬されている。

次に、正負飽和電流比の z - y 方向コンターマップ (図 3) より、負イオンまたは電子が多く存在する領域が明らかになった。負イオンは Al 球電極の表面近傍で生成負イオンは、球電極表面付近で生成されている。正負飽和電流比が低い負イオンが多く存在する領域は、磁束密度が比較的高い極域や、極域から磁力線に沿った夜側の領域である。磁力線に沿って極域から夜側へ負イオンが放出されていると考えられる。プラズマ密度が比較的高い outer ベルトに相当する領域に負イオンは少なく、電子が多く閉じ込められていることが分かった。一方、inner ベルトには負イオンが比較的多く存在している。プラズマ分布の特徴は、図 4 の通りである。なお、ダイポール磁場が無い場合には、このような特徴的なプラズマ分布にはならず、昼側のプラズマ密度は高く、夜側の密度は低いという単調なプラズマ分布になった。なお、同じダイポール磁場配位をしていても、負イオンがほとんど生成されない場合のプラズマ分布を測定したが、電流比測定が不十分だったので再測定が必要である。また、球電極に流出入していると予想されている電子や負イオンの流れに関する実証は、今後の課題である。

【アルミニウムを用いた水素正負イオンの生成】

電子がほぼ存在せず、水素分子正イオンが混在する水素正負イオンから構成される水素イオン性プラズマ、および分子正イオンが含まれない水素ペアイオンプラズマを生成して、集団物性の解明をすることが研究の大目標である。Al を用いた水素負イオン生成について 2014 年頃から取り組んで来たが、Al は仕事関数が大きく、従来から知られている表面生成ではないといえる。仕事関数が近い他の金属を用いた場合に比べて、H が多く生成されることは実験的に明らかになってきたが、その生成機構が不明であった。また、Al を用いて負イオン生成するプラズマに弱電場 (10 V 程度の加速電圧) を印加しただけで、容易に崩壊して電子が局所空間に現れることも明らかになっていた。崩壊特性の調査やイオン種分析をする中で、水素分子イオンよりも高質量の正負イオンが存在しており、これらが崩壊現象や H 生成に関与していることが明らかになってきた。電極電圧条件を選べば、電子がほとんど存在しないイオン

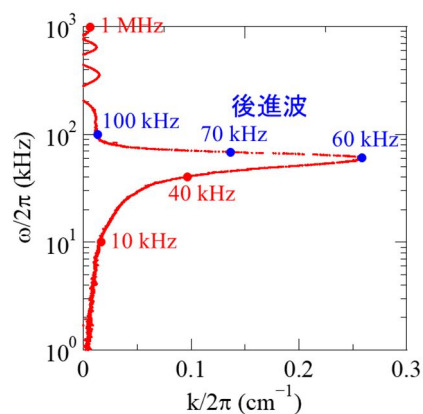


図 5

ズマに弱電場 (10 V 程度の加速電圧) を印加しただけで、容易に崩壊して電子が局所空間に現れることも明らかになっていた。崩壊特性の調査やイオン種分析をする中で、水素分子イオンよりも高質量の正負イオンが存在しており、これらが崩壊現象や H 生成に関与していることが明らかになってきた。電極電圧条件を選べば、電子がほとんど存在しないイオン

性プラズマは生成できるので、静電波を励起して分散関係の測定を行った(図5)。イオン性プラズマの分散関係に現れる後進波が明確に得られた。しかし、このイオン性プラズマは水素分子イオンよりも高質量の不純物イオンが含まれ、当初の狙いとするプラズマではないので、これ以上集団物性の解明に取り組むことは保留した。それに代わり、 H^- 生成機構の解明について精力的に取り組んだ。

核融合プラズマ加熱で利用される負イオン中性粒子入射加熱(N-NBI)では引出段階で数keV、主加速で100keV以上まで静電加速されており、10V程度の低電圧で加速しても H^- は崩壊しない。また、Alを用いて負イオン生成されるプラズマに赤外域から紫外域(365nm~940nm)まで8種類の波長の光照射をしたところ、400nm程度未満(UV-C)の紫外域の照射空間において電子が発現した。 H^- は800nm付近の波長の光が光脱離しやすく、UV-C光では光脱離しにくいことから、 H^- が崩壊しているのではないといえる。Al製のプラズマグリッド(Al-PG)に印加する電圧 V_{PG} に強く依存して崩壊が発生する。水素放電プラズマ電位よりも数V負電圧から崩壊が発生し始めて、10V程度負電圧まで急激に崩壊が増加する。

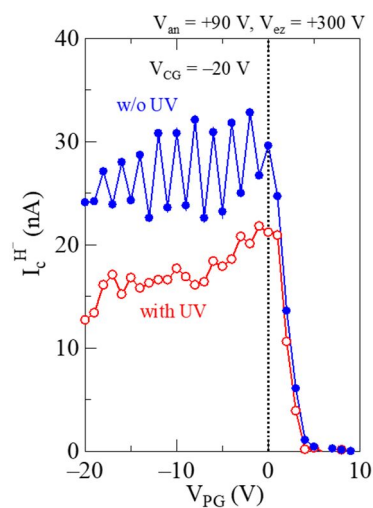


図6

Al-PGから4mm下流に制御グリッド(CG)が設置されており、印加電圧によって正イオンまたは負イオンの引出しを制御できる。CGに正電圧を印加して負イオンを引出すと、崩壊により電子は発生するが崩壊量は少ない。一方、CGに負電圧($V_{CG} = -20V$)を印加して正イオンを引出すと、崩壊が大幅に発生して多くの電子が現れて、 H^- も生成されることが明らかになった(図6)。UV-C光の照射によって H^- 生成量は減少するので、UV-C光は引出された正イオンに影響を及ぼしていると考えられる。正イオンのプリカーサが崩壊して、負電荷粒子の電子や H^- が現れるという現象は受入難いが、実験装置、実験者、実験年度が異なっても再現する現象である。少なくともアルゴンよりも軽い($< 40 amu$)質量を持つ正負イオンが存在することは明らかになったが、正確な質量は質量分析器の分解能が低く明らかになっていない。崩壊するプリカーサは水素化アルミ分子と予想しているが、分子量の同定や構造の解明は今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計43件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高田頼生, 馮双園, 井上雅俊, 津山亮太, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドを通過したプラズマへ電場印加に伴い崩壊して生成されるイオン
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第27回支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上雅俊, 津山亮太, 高田頼生, 馮双園, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドから生成されたイオン種の質量分析
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第27回支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺戸悠真, 津山亮太, 井上雅俊, 高田頼生, 馮双園, 大原渡
2. 発表標題 大口径AIプラズマグリッドを通過した水素プラズマへの回転電場印加による影響
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第27回支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 津山亮太, 岡田義久, 猪子真矢, 井上雅俊, 寺戸悠真, 高田頼生, 馮双園, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドを通過した大直径水素プラズマへの光照射に伴うプロトン生成
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第27回支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 馮双園, 高田頼生, 津山亮太, 井上雅俊, 兼峯渉, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドを用いて電場印加による崩壊に基づく水素負イオン生成プロセスの解明
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第40回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高田頼生, 馮双園, 井上雅俊, 津山亮太, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドを用いて強電場印加による崩壊により生成されるイオン種分析
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第40回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上雅俊, 津山亮太, 高田頼生, 馮双園, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッド表面への正イオン照射と光照射に伴うイオン生成
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第40回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 津山亮太, 岡田義久, 猪子真矢, 井上雅俊, 寺戸悠真, 高田頼生, 馮双園, 大原渡
2. 発表標題 大口径AIプラズマグリッドを通過したプラズマへの光照射に伴うイオン生成
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第40回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺戸悠真, 津山亮太, 井上雅俊, 高田頼生, 馮双園, 大原渡
2. 発表標題 大口径AIプラズマグリッドと四重極イオンフィルターを通過したプラズマ
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第40回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大原渡
2. 発表標題 アルミニウム製プラズマグリッドを用いた負イオン生成の進展
3. 学会等名 令和4年度 NIFS負イオン研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大木康平, 岡本宗真, 大原渡
2. 発表標題 ダイポール磁場付小惑星を模擬したAI球電極周辺の水素プラズマ分布
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兼峯渉, 小林拓未, 津山亮太, 岡田義久, 河野喜範, 大原渡
2. 発表標題 偏向磁場付制御グリッドによって崩壊・生成される水素負イオンの電流密度
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田義久, 猪子真矢, 寺戸悠真, 津山亮太, 瀨本康平, 紀幸志郎, 松井悠太郎, 大原渡
2. 発表標題 大口径AIプラズマグリッドを通過した水素プラズマへの照射による崩壊促進
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上雅俊, 前田哲志, 高田頼生, 津山亮太, 河野喜範, 大原渡
2. 発表標題 水素プラズマ生成においてNi多孔体板がプロトン比に及ぼす影響
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津山亮太, 寺戸悠真, 瀨本康平, 岡田義久, 高田頼生, 河野喜範, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドと偏向磁場付制御グリッドを通過した大直径水素イオン性プラズマの崩壊特性
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺戸悠真, 岡田義久, 津山亮太, 瀨本康平, 河野喜範, 大原渡
2. 発表標題 大口径AIプラズマグリッドを通過した水素プラズマへの電場印加による崩壊促進
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野喜範, 井上雅俊, 津山亮太, 寺戸悠真, 岡田義久, 兼峯渉, 大原渡
2. 発表標題 電場印加による崩壊を伴った水素プラズマのイオンセンシティブプローブ計測
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第26回支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兼峯渉, 津山亮太, 松井悠太郎, 河野喜範, 井上雅俊, 大原渡
2. 発表標題 水素イオン性プラズマから引出崩壊生成される負イオンの電流密度
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第39回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津山亮太, 瀧本康平, 岡田義久, 大木康平, 大原渡
2. 発表標題 脱離電子を偏向除去した大直径水素イオン性プラズマ生成
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第39回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田義久, 寺戸悠真, 津山亮太, 瀧本康平, 松井悠太郎, 大原渡
2. 発表標題 大直径水素イオン性プラズマの生成と静電波の伝搬特性
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第39回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大木康平, 津山亮太, 大原渡
2. 発表標題 水素プラズマ流中のダイポール磁場付球電極周囲のプラズマ分布
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第39回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上雅俊, 前田哲志, 大原渡
2. 発表標題 大面積Ni多孔体板を用いたプロトン比の制御と水素イオン種分析
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第39回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兼峯渉, 津山亮太, 岡田義久, 河野喜範, 紀幸志郎, 大原渡
2. 発表標題 電子偏向磁場が印加されたAIプラズマグリッドより引出された水素負イオン電流密度
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第25回支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田哲志, 河野喜範, 井上雅俊, 紀幸志郎, 岡田義久, 大原渡
2. 発表標題 高速電子密度増加とNi多孔体触媒を用いたプロトン比の向上
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第25回支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田義久, 紀幸志郎, 松井悠太郎, 河野喜範, 瀧本康平, 兼峯涉, 大原渡
2. 発表標題 高エネルギー正イオンを重畳した水素イオン性プラズマの密度制御
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第25回支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀧本康平, 寺戸悠真, 河野喜範, 紀幸志郎, 岡田義久, 大原渡
2. 発表標題 径方向損失と負イオン崩壊を抑制した大直径水素イオン性プラズマ生成
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第25回支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河野喜範, 前田哲志, 井上雅俊, 紀幸志郎, 岡田義久, 兼峯涉, 瀧本康平, 大原渡
2. 発表標題 能動的負イオン崩壊によるプラズマ空間分布の変化
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第25回支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀幸志郎, 岡田義久, 河野喜範, 瀧本康平, 前田哲志, 兼峯涉, 大原渡
2. 発表標題 負イオン崩壊前後の正イオンエネルギースペクトル変化
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 九州・沖縄・山口支部 第25回支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大原渡
2. 発表標題 水素イオン性プラズマの維持と引出負イオン電流
3. 学会等名 令和3年度 NIFS負イオン研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀨本康平, 紀幸志郎, 河野喜範, 兼峯涉, 大木康平, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 負イオン崩壊を抑制して生成された大直径水素イオン性プラズマ
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河野喜範, 兼峯涉, 岡田義久, 紀幸志郎, 瀨本康平, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドから引出された負イオンの崩壊条件の解明
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田哲志, 永田真央, 大木康平, 紀幸志郎, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 タンデム型水素プラズマ源を用いたプロトン比制御
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兼峯涉, 岡田義久, 河野喜範, 紀幸志郎, 瀨本康平, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 電子偏向磁場付AI系プラズマグリッドから引出された水素負イオン電流密度
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀幸志郎, 岡田義久, 河野喜範, 兼峯涉, 瀨本康平, 前田哲志, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 負イオン崩壊に伴う荷電粒子エネルギースペクトルの変化
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田義久, 紀幸志郎, 河野喜範, 兼峯涉, 瀨本康平, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 円筒励起電極を用いた水素イオン性プラズマの密度変調
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田義久, 田中陸太, 河野喜範, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドから制御グリッドによって引出された最大水素負イオン電流密度
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河野喜範, 岡田義久, 紀幸志郎, 兼峯涉, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッドから水素イオン性プラズマの引出条件
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兼峯涉, 紀幸志郎, 瀨本康平, 大木康平, 岡田義久, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 AIプラズマグリッド孔を通過した水素イオン性プラズマ
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀨本康平, 紀幸志郎, 兼峯涉, 大木康平, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 大口径AIプラズマグリッドを用いた水素イオン性プラズマ生成に適した偏向磁場分布
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大木康平, 瀨本康平, 紀幸志郎, 兼峯涉, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 偏向磁場配位に依存する大直径水素イオン性プラズマ
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀幸志郎, 兼峯涉, 瀨本康平, 大木康平, 岡田義久, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 偏向磁場に保護された水素イオン性プラズマの界面
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田哲志, 永田真大, 紀幸志郎, 岡田義久, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 タンデム型水素プラズマ源におけるプロトン比向上の試み
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永田真大, 前田哲志, 紀幸志郎, 岡田義久, 吉田雅史, 大原渡
2. 発表標題 高放電電流密度の水素プラズマパラメータ
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------	---------