

# 負イオン崩壊を伴う水素イオン性プラズマの拡散

## Diffusion of hydrogen ionic plasma with negative ion collapse

藤井 柁志, 平岡 勇人, 江川 正樹, 巽 優祐, 小林 大晃, 吉田 雅史, 大原 渡  
M. Fujii, Y. Hiraoka, M. Egawa, Y. Tatsumi, H. Kobayashi, M. Yoshida, W. Oohara

山口大院創成  
Yamaguchi Univ.

### 1. 研究目的

最軽量のイオンである水素正負イオンのみから構成される水素ペアイオンプラズマの生成を目指している。分子状正イオンを含む水素イオン性プラズマを生成したところ、局所空間において負イオンは崩壊することが明らかになった[1]。負イオン崩壊する要因を調べる一環として、径方向一軸方向へ掃引できるラングミュアプローブを用いて、下流域における電場とプラズマ拡散に伴う負イオン崩壊の関係について明らかにすることを目的としている。

### 2. 実験方法

熱陰極直流アーク放電により、2つの領域に水素プラズマを生成した。ドライバープラズマからターゲットプラズマへ正イオンを加速入射（加速電圧  $V_{\text{driver}}$ ）させることにより、アルミニウム製プラズマグリッド（Al-PG, 直流電圧  $V_{\text{PG}}$  印加）へ正イオンビームと低エネルギー正イオンが照射されるようになっている（照射面  $z = -2$  cm）。Al-PGの引出孔（9個, 直径13 mm）内部で、低エネルギー正イオンから負イオンが生成されている（図1）。電子偏向除去磁場が印加されている制御グリッド（CG, 直流電圧  $V_{\text{CG}}$  印加）によって、負イオンを引出加速できる。CGより下流域には、8極のラインカスプ磁石付円筒（内径155 mm）が設置してあり、プラズマの径方向拡散損失が抑制されている。径方向一軸方向へ掃引できるラングミュアプローブによって、プラズマ分布を測定した。

### 3. 実験結果

負イオンが生成されやすい  $V_{\text{PG}} = +2$  Vにおいて、Al-PG孔出口（ $z = 0$  cm）からCGへ負イオンを引出加速した（ $V_{\text{CG}} = +100$  V）。正イオンビーム無し（ $V_{\text{driver}}$

$= 0$  V）とビーム有り（ $V_{\text{driver}} > 0$  V, ビームエネルギー  $\propto V_{\text{driver}}$ ）の場合における、軸方向プラズマ分布を調べた。プローブの正負飽和電流とその電流比、および浮遊電位の軸方向分布を図2(a), (b)に示す。電流比が1に近いほど電子の存在割合が低く、イオン性プラズマになっていることを示す。CGには電子偏向除去磁場が印加されており、Al-PG-CG間の  $z = 0-1$  cmでは電子が除去されて電流比が低くなる。ビーム入射していない場合（ $V_{\text{driver}} = 0$  V）では、 $z = 0-1$  cmで電流比が3程度まで減少するが、CG内部で徐々に増加して、CG孔出口付近で電流比が急増する。ビーム入射エネルギーを増加すると電流比の増加は抑制され、 $V_{\text{driver}} = +100$  Vでは下流域でもイオン性プラズマが維持される。ビーム入射されている場合には  $V_{\text{driver}} > V_{\text{CG}} > 0$  V, ビーム入射されていない場合には  $V_{\text{CG}} > V_{\text{driver}} = 0$  Vを満たす場合に、負イオン崩壊することが明らかになっている。イオン性プラズマにおける浮遊電位はプラズマ電位とほぼ同じであるが、電子が多く含まれるようになると浮遊電位はプラズマ電位より低くなる。負イオン崩壊して電子が現れる領域では、浮遊電位はプラズマ電位よりも低く示されるが、浮遊電位分布はプラズマ電位分布を概ね反映している。CG孔内において、 $V_{\text{driver}}$ に依存したピーク電圧を持つプラグ電位構造が形成されている。負イオン崩壊はCG孔内またはCG孔出口付近であるが、図2の結果では電位勾配が大きいほど負イオン崩壊していない。すなわち、軸方向電場が負イオン崩壊の原因ではないといえる。CG孔出口付近の径方向一軸方向の二次元電位分布を測定したところ、軸方向よりも径方向の電場が大幅に大きいことが分かった。負イオン崩壊は径方向電場が関与している可能性があることを明らかにした。

[1] W. Oohara, N. Anegawa, M. Egawa, K. Kawata, *Phys. Plasmas* **23** (2016) 083518.

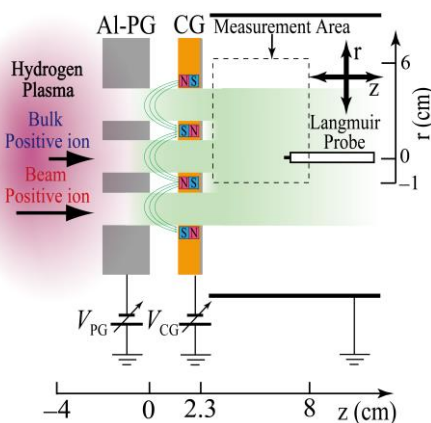


図1：電極配置と測定領域。

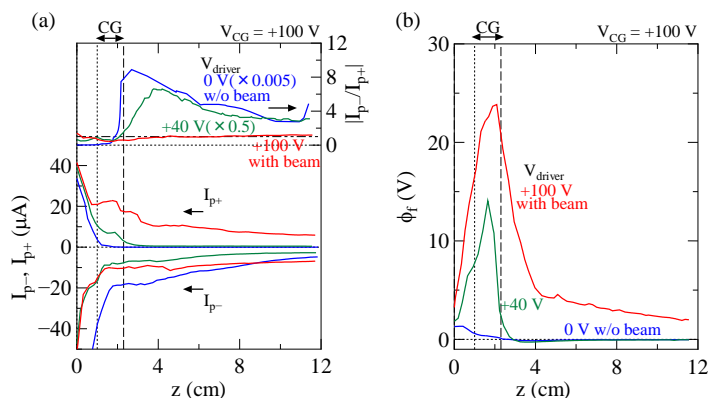


図2：(a)正負飽和電流と電流比, (b)浮遊電位の軸方向分布。