

# Ni箔触媒を用いたプラズマ支援触媒イオン化機構の解明 Mechanism Elucidation of Plasma-Assisted Catalytic Ionization Using Ni-Foil Catalyst

日比野 徳亮, 吉田 拓弥, 大原 渡  
Tokuaki Hibino, Takuya Yoshida, Wataru Oohara

山口大院理工  
Yamaguchi Univ.

核融合プラズマを加熱する主要な手法は、負イオン型中性粒子入射加熱である。ここで最も重要な構成要素は負イオン源であり、負イオン生成には表面生成法や体積生成法が用いられている。しかし、表面生成法は Cs 使用に関連して負イオン源の安定したオペレーションが難しく、体積生成法は負イオン生成効率の低さが問題である。そこで、新たな負イオン生成法としてプラズマ支援触媒イオン化法を提案している[1,2]。これは放電プラズマ中の正イオンを水素に対する触媒金属へ照射することにより、水素正負イオンを生成する方法である。プラズマ支援触媒イオン化機構解明の一環として、Ni 多孔体または Ni 箔 (箔厚  $t = 5, 10, 20, 30 \mu\text{m}$ ) の触媒用いて、正負イオンの生成特性について調べた。

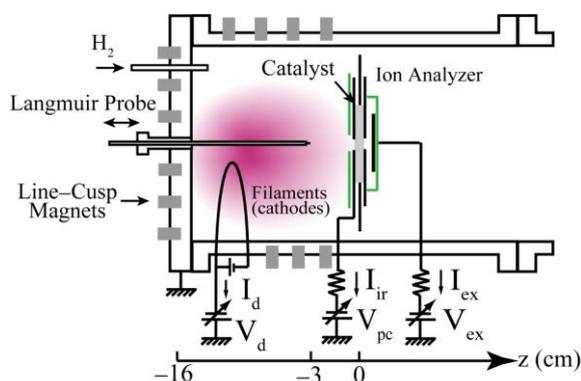


図1：実験装置概要。

実験装置概要を図1に示す。断面積  $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$  のステンレス製角型真空容器中で、熱陰極直流アーク放電によって水素プラズマを生成している。生成された水素正イオンは、直流電圧  $V_{pc} (< 0 \text{ V})$  が印加された Ni 触媒に照射 (照射面積  $6.1 \text{ cm}^2$ ) される。触媒裏面から  $5 \text{ mm}$  離れたコレクタ電極に直流電圧  $V_{ex}$  を印加することで、電界によって引出された (引出孔面積  $1.3 \text{ cm}^2$ ) 正負イオンの引出電流密度が測定できる。実験条件は、水素ガス圧  $0.1 \text{ Pa}$ 、放電電力  $P_d \leq 700 \text{ W}$  である。

触媒前面のシースを介して、触媒へ照射される正イオンのエネルギーは  $e(\phi_s - V_{pc})$  (eV) である (プラ

ズマ電位  $\phi_s$  は  $V_{pc}$  に依らずほぼ一定)。また、正イオン照射電流密度  $J_{ir}$  は、 $P_d$  によって制御できる。多孔体を用いた場合には、細孔を通過する正イオンや二次電子などが測定されるため、これらを見捨てる箔を用いた結果について示す。  $J_{ir} = 10 \text{ mA/cm}^2$ ,  $V_{pc} = -400 \text{ V}$  と一定に保った場合に、引出電流密度  $J_{ex}$ -電圧  $V_{ex}$  特性の箔厚依存性を図2に示す。特性において3つの領域 (a)  $V_{ex} < V_{pc}$ , (b)  $V_{pc} < V_{ex} < 0 \text{ V}$ , (c)  $V_{ex} > 0 \text{ V}$  がある。(a)は触媒表面から生成された正イオンと箔を透過した正イオンが重畳して、(b)は透過正イオンと触媒表面から生成された負イオンが重畳して測定される領域である。(c)は、正イオンが静電的に追いつかれて、負イオンのみ測定される領域である。 $J_{ir}$  を一定に保って照射エネルギーを増加させると、透過正イオン電流  $J_{t+}$  は増加し、(a)と(c)の領域の正負電流密度も増加する。図3より、箔厚が薄くなるほど、表面から生成される正負イオン電流は増加する。これは  $J_{ir}$  を増加させた場合の変化と同様である。(b)の領域は箔厚または  $J_{ir}$  に依らずほぼ一定である。よって、表面相互作用によって透過正イオンの一部が負イオンに変換されておいて、負イオン電流密度は  $\alpha J_{t+}(t)$  ではなく、 $J_{t+}(t) - \alpha$  ( $\alpha$  は定数) と表されることが明らかになった。

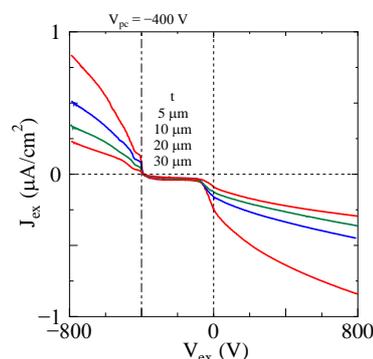


図2：イオン引出特性の箔膜厚依存性

- [1] W. Oohara, T. Maeda, T. Higuchi, Rev. Sci. Instrum. **82** (2011) 093503.  
[2] W. Oohara, T. Hibino, T. Higuchi, T. Ohta, Rev. Sci. Instrum. **83** (2012) 083509.