

波長変調レーザー吸収分光法による水素負イオン源内の水素原子温度計測  
**Hydrogen Atom Temperature Measurement with  
 Laser-Wavelength-Modulation Absorption Spectroscopy in Negative Hydrogen  
 Ion Source**

中野治久<sup>1</sup>, 西山修輔<sup>2</sup>, 後藤基志<sup>1</sup>, 津守克嘉<sup>1</sup>, 木崎雅志<sup>1</sup>, 池田勝則<sup>1</sup>, 渋谷真之<sup>1</sup>, 永岡賢一<sup>1</sup>,  
 長壁正樹<sup>1</sup>, 浅野英児<sup>1</sup>, 近藤友紀<sup>1</sup>, 佐藤守<sup>1</sup>, 関口温朗<sup>1</sup>, 竹入康彦<sup>1</sup>, 金子修<sup>1</sup>, 佐々木浩一<sup>2</sup>

NAKANO Haruhisa<sup>1</sup>, NISHIYAMA Shusuke<sup>2</sup>, GOTO Motoshi<sup>1</sup>, TSUMORI  
 Katsuyoshi<sup>1</sup>, KISAKI Masashi<sup>1</sup>, IKEDA Katunori<sup>1</sup>, SHIBUYA Masayuki<sup>1</sup>, NAGAOKA Kenichi<sup>1</sup>,  
 OSAKABE Masaki<sup>1</sup>, ASANO Eiji<sup>1</sup>, KONDO Tomonori<sup>1</sup>, SATO Mamoru<sup>1</sup>, SEKIGUCHI Haruro<sup>1</sup>,  
 TAKEIRI Yasuhiko<sup>1</sup>, KANEKO Osamu<sup>1</sup>, SASAKI Koichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>核融合科学研究所

<sup>2</sup>北大院工

水素負イオン源（セシウム添加型）は中性粒子ビーム入射装置（NBI）のビーム源として用いられている。同イオン源において、ビームとして引き出される水素負イオンは、水素原子を親粒子として、主にビーム引出境界の電極（プラズマ電極、PG）の表面プラズマ側で生成されていると考えられている。この時、生成されたHの初速度成分はビームと逆方向の速度成分を持つ。この水素負イオンがどのようなダイナミクスでビーム方向の速度成分を持ちビームとして引き出されるか、明確なモデルは確立していない。このモデルを確立する上で、水素負イオンの生成量や生成直後の振る舞いを左右するH<sup>0</sup>の物理量（温度や密度など）の評価が重要である。本研究の目的は、同イオン源のPG近傍におけるH<sup>0</sup>温度を実験的に評価する事である。

本研究は、核融合科学研究所のLHD-NBI用イオン源開発用のアーク放電型水素負水素負イオンイオン源[1]を用いて行った。水素原子温度計測には、H $\alpha$ 帯（656.3 nm近傍）の半導体レーザーを用いたレーザー吸収分光法を適用した。同イオン源では、直接吸収スペクトルの検出は困難であった。これは、H(n=2)の光学的厚さが薄い、もしくはフィラメントおよびアーク放電からの輻射に時間変化があるためと考えられる。より感度が高い波長変調レーザー吸収分光法（2f法）を適用した。2f法ではレーザー発振波長を変調深度、周波数fで変調し、検出信号を周波数2fで位相検波する。変調の中心波長（周波数）を変調周波数fよりも十分低い周波数で大きく掃引し、プラズマ有無の位相検波信号の差分から2fスペクトルを得る。本研究では、

検出感度と波長分解能を考慮し、変調深度 $\sim 30$  GHzとした。この変調深度とレーザーの仕様を考慮し、変調周波数 $f = 600$  Hzとした。変調の中心周波数の掃引幅と掃引周波数は、プラズマの時間変化を考慮して、それぞれ $\sim 100$  GHz、1 Hzとした。これにより、PGから $\sim 1$  cmの位置におけるH $\alpha$ の2fスペクトルを得た（図1）。この2fスペクトルから水素原子温度を評価したところ、水素原子温度は $\sim 3000$  Kであった。アーク放電電力（ $P_{arc}$ ）に対して、2fスペクトル強度に変化を観測したが、水素原子温度に大きな変化は見られなかった。

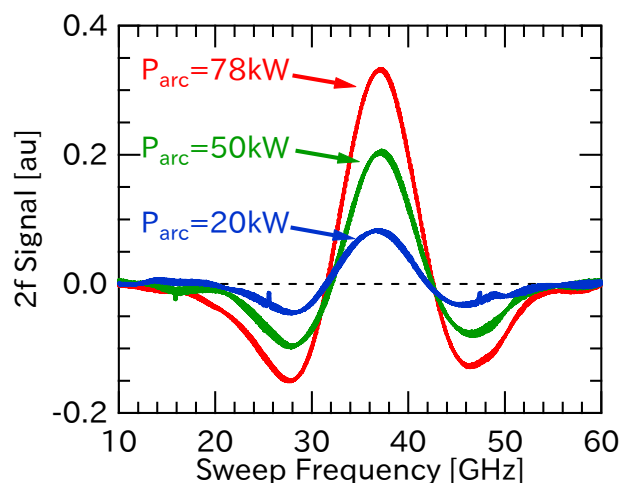


図1 水素負イオン源のPGから $\sim 1$  cmの位置におけるH $\alpha$ 帯の2fスペクトル。導入ガス圧は通常の水素負イオン源の運転と同程度の0.3 Pa。

[1] K. Tsumori et al, J. Fusion Sci. Technol. 58, pp. 482-488, 2010.