

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¹, 西山修輔², 後藤基志¹, 津守克嘉¹, 木崎雅志¹, 池田勝則¹, 渋谷真之¹, 永岡賢一¹,
 長壁正樹¹, 浅野英児¹, 近藤友紀¹, 佐藤守¹, 関口温朗¹, 竹入康彦¹, 金子修¹, 佐々木浩一²
 NAKANO Haruhisa¹, NISHIYAMA Shusuke², GOTO Motoshi¹, TSUMORI
 Katsuyoshi¹, KISAKI Masashi¹, IKEDA Katunori¹, SHIBUYA Masayuki¹, NAGAOKA Kenichi¹,
 OSAKABE Masaki¹, ASANO Eiji¹, KONDO Tomonori¹, SATO Mamoru¹, SEKIGUCHI Haruro¹,
 TAKEIRI Yasuhiko¹, KANEKO Osamu¹, SASAKI Koichi²

¹核融合科学研究所

²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H⁰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H⁰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 α 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 ~ 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 ~ 100 GHz、1 Hzとした。これにより、PGから ~ 1 cmの位置におけるH α 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 ~ 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。

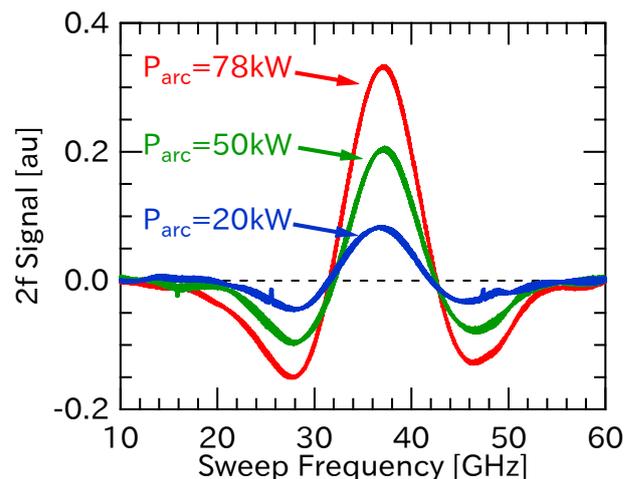


図1 水素負イオン源のPGから ~ 1 cmの位置におけるH α 帯の2fスペクトル。導入ガス圧は通常の水素負イオン源の運転と同程度の0.3 Pa。

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