

ヘリオトロン J における制動放射スペクトルによる
真空紫外分光システムの分光感度較正法の検証

**Verification of Spectral Sensitivity Calibration of VUV Spectrometer System
in Heliotron J Using Bremsstrahlung Spectrum**

白波瀬 一貴¹⁾, 門 信一郎²⁾, 川染 勇人³⁾, 金沢 友美¹⁾, 岡田 浩之²⁾, 山本 聡²⁾,
南 貴司²⁾, 小林 進二²⁾, 長崎 百伸²⁾, 大島 慎介²⁾, 中村 祐司¹⁾, 大谷 芳明¹⁾,
呂 湘濤¹⁾, Inklin.Nutchaphol¹⁾, 多和田 斉興¹⁾, 望月 聡一郎¹⁾, 國分 大¹⁾, 飯村 幹¹⁾,
野崎 勇樹¹⁾, 山田 晃生¹⁾, 岡崎 悠¹⁾, 安井 春輝¹⁾, 山本 皓基¹⁾, 木島 滋²⁾, 水内 亨²⁾
Kazuki Shirahase¹⁾, Shinichiro Kado²⁾, Hayato Kawazome³⁾, Tomomi Kanazawa¹⁾,
Hiroyuki Okada²⁾, Satoshi Yamamoto²⁾, *et al.*

1) 京都大学大学院エネルギー科学研究科 2) 京都大学エネルギー理工学研究所
3) 香川高等専門学校

1) Graduate School of Energy Science, Kyoto University 2) Institute of Advanced Energy, Kyoto University
3) Department of Information Engineering, National Institute of Technology, Kagawa College

ヘリオトロン J における不純物計測として真空紫外分光システム(不等間隔凹面フラットフィールド回折格子を用いた分光器+浜松ホトニクス製 MCP+NMOS リニアイメージングセンサ)を用いて真空紫外領域(16nm~39nm)のスペクトルの計測を行っている[1]。プラズマの輝線強度や制動放射成分を定量評価するためには絶対感度較正が必要である。高密度プラズマにおける制動放射スペクトルは絶対感度較正の手がかりとなる[2]。そこで本研究ではヘリオトロン J における高強度ガスパフ(HIGP)入射により生成される高密度プラズマを利用し、トムソン散乱法により計測された電子温度 T_e [eV], 及び電子密度 n_e の空間分布を式(1)

$$I_{brems}^{abs}(\lambda) = \int_L 1.9 \times 10^{-26} \frac{Z_{eff}^2 n_e^2}{4\pi\lambda^2 \sqrt{T_e}} \exp\left(\frac{-hc \times 10^9}{e\lambda T_e}\right) dl \quad (1)$$

に代入し、波長 λ [nm]における制動放射スペクトルの放射輝度 $I_{brems}^{abs}(\lambda)$ を計算した[3]。ここで、 e, h, c はそれぞれ電気素量, プランク定数, 光速である。有効核電荷 Z_{eff} は視線 L に沿って一様かつ時間的に一定であると仮定した。現段階で得られる較正係数は絶対感度較正係数 $CF(\lambda)$ を代表的な Z_{eff} の値 $\langle Z_{eff} \rangle$ で除したものとなり、何らかの方法で Z_{eff} が得られると、絶対感度較正係数が得られる。計測された真空紫外領域のスペクトルから制動放射スペクトルに相当する連続スペクトル $I_{brems}^{mes}(\lambda)$ を抽出し、式(2)

$$\frac{I_{brems}^{abs}(\lambda)}{\langle Z_{eff} \rangle} = I_{brems}^{mes}(\lambda) \times \frac{CF(\lambda)}{\langle Z_{eff} \rangle} \quad (2)$$

を用いて $\langle Z_{eff} \rangle$ あたりの較正係数を求めた。

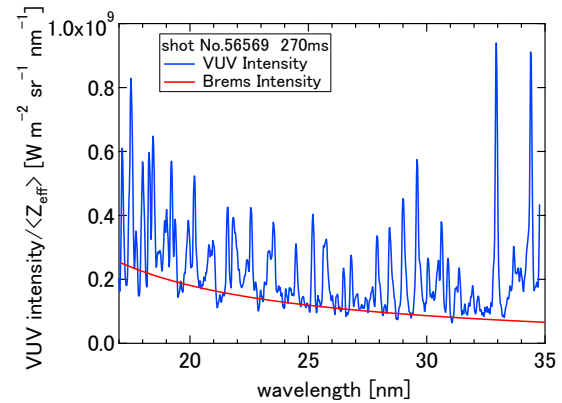


図1 較正後の真空紫外領域スペクトル波形例

較正したスペクトル波形例を図1に示す。

得られた較正係数には、MCPの増幅ノイズに起因するばらつき、連続スペクトル成分の決定精度、及びトムソン散乱計測の誤差等が含まれる。現在、プラズマの時間発展や異なる放電条件のプラズマを利用することにより、較正係数の再現性を調べ、本手法の有効性、及び分光感度較正係数の妥当性の検証を試みている。さらに、絶対感度較正した可視領域の分光器で制動放射スペクトルを計測し、真空紫外領域と比較することにより、絶対感度較正への拡張を検討している。

- [1] H. Kawazome, doctor thesis/dissertation, Kyoto Univ. (2004).
- [2] C.F. Dong, S. Morita, M. Goto and E.H. Wang, Plasma and Fusion Res., 7, (2012) 2402139.
- [3] H. Kawazome, K. Shirahase, S. Kado, T. Mizuuchi, Proc. 6th Int. Symp. of Advanced Energy Science (1 Sep. 2015, Kyoto Univ.) ZE27B-36.