赤外吸収分光法による核融合試験装置の排気ガス組成分析の試み

Application of Infrared Absorption Spectroscopy to the Exhaust Gas Analysis in Fusion Test Device

*田中 将裕 [1,2]，加藤 ひろみ [1]，鈴木 直之 [1]
[1] 核融合研，[2] 総研大

核融合試験装置における水素同位体挙動解明の一助として、赤外吸収分光法を用いて排気ガスに含まれる極微量の炭化水素測定を試みた。その結果、炭化水素としてメタン、エタン、エチレンの存在が確認され、他の測定手法と定性的な一致を得た。

キーワード： 核融合試験装置、排気ガス組成分析、炭化水素、赤外吸収分光法

1. 緒言: 核融合試験装置では、動作ガスとして水素同位体ガスが使用される。真空容器内外における水素同位体挙動を理解することは、核融合炉の燃料サイクル開発、安全管理の観点から重要である。核融合試験装置で生成される水素プラズマは、炭素材料との相互作用(化学スパッタリング)により C-H 結合を生成し、排気ガスには僅かであるが炭化水素成分が含まれる。これまでに、大型ヘリカル装置(LHD)を対象とした排気ガス組成分析では、ガスクロマトグラフ(検出器: 熱伝導検出器、検出下限値: 10 ppm)による測定で炭化水素成分が検出されなかった。一方、重水素プラズマ実験で生成されるトリチウムをトレーサーとして、排気ガス中のトリチウムの化学形態を観測すると、炭化水素状トリチウムの存在が確認された。そこで、炭化水素検出の新たな試みとして、長光路ガスセルを用いた赤外吸収分光法を適用したので、その結果を報告する。

2. 赤外吸収分光計測システム: 測定では、FT-IR 装置(Perkin Elmer, Frontier FT-IR)に、長光路ガスセル(PIKE, 光路長: 16 m, 容積: 2 L)を用いて炭化水素測定を試みた。測定ガスは、ガスセル内を真空(到達圧力: -95 kPa 以下、排気時間: 6 分)に排気後、被測定ガスを大気圧まで 8 分かけて導入することで採取した。測定条件は、波長分解能: 1 cm^{-1}、繰り返し回数: 80 回とした。採取操作は PLC で自動制御し、36 分毎に測定を行った。排気ガス測定は、軽水素プラズマ実験期のグロー放電洗浄(H_2, He)およびクライオポンプ再生ガスを対象に行った。

3. 測定結果: 図 1 に水素グロー放電洗浄時の赤外吸収スペクトルを示す。排気ガス中には CH_4、C_2H_6、C_2H_4、CO が観測され、トリチウム計測で検知された炭化水素の存在を確認できた。図 2 にヘリウムおよび水素グロー放電洗浄時の排気ガス組成変動を示す。ヘリウムグロー放電洗浄時には、炭化水素成分は少ないが、水素グロー放電洗浄の開始とともに炭化水素成分が増加することから、水素プラズマによる化学スパッタリングで生成されたことを示している。核融合科学研究所(ULAA023)および科研費(17K06998, 18H01204)の支援を受けた。

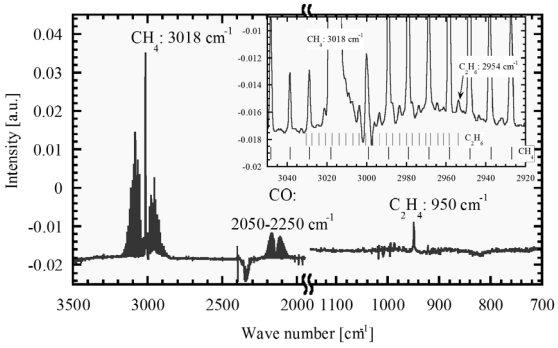

図 1 水素グロー放電洗浄時の吸収スペクトル

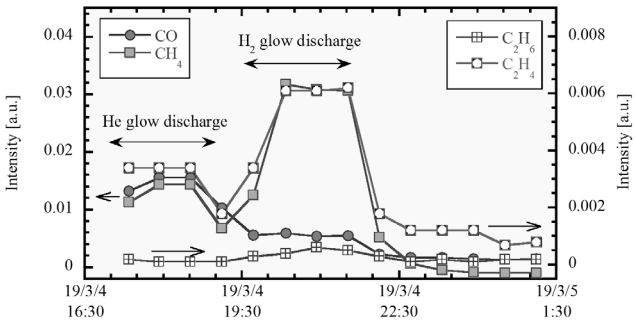

図 2 ヘリウム・水素グロー放電洗浄時の排気ガス組成変動

*Masahiro Tanaka [1,2], Hiromi Kato[1] and Naoyuki Suzuki[1]
[1]NIFS, [2]SOKENDAI