

核融合炉ダイバーターは高粒子フラックスにさらされ、ダイバーターの損耗によって発生する不純物は中心プラズマの閉じこめ性能を劣化させる。ダイバーター材料の候補の一つである炭素材料は入射水素イオンによる化学スパッタリングによる損耗に起因する炭化水素不純物発生量が大きいという欠点がある。従って、プラズマ中の炭化水素の種類と量を計測することが重要となっている。本論文は、炭化水素解離過程で生じるCHラジカルの回転励起分布を計測し、回転励起分布と発光強度のプラズマパラメータ依存性から明らかになった、特に低電子温度領域での炭化水素の解離・発光過程についてのものである。本文の構成は次のとおりである。

第1章は序論であり、本研究の背景及び既存の研究について概説し、目的と意義を述べてある。従来の化学スパッタリングにおける炭化水素発生量の評価方法では、発生する炭化水素種の判別ができない、炭化水素ラジカルからの発光から発生量を評価するための係数(loss event / photon 値)を求めるための解離・発光に関する素過程が特にダイバータの非接触状態が起きる低電子温度領域において完全には解明されていない、という欠点がある。そこで本研究では炭化水素ラジカルの発光のパラメータ依存性から解離・発光に支配的な素過程を、回転励起分布から炭化水素種を判別する手法を提案し、実験結果を元に適用可能性を検討することを目的としている。

第2章では CH ラジカルの回転バンドスペクトルの分光計測から炭化水素の発光量、回転励起分布を求める(4章)際に必要な計測原理について述べてある。

第3章では本研究に用いた実験装置である MAP-II について、及び計測システムの概要について述べている。MAP-II 装置は Lab6 熱陰極のアーク放電下流のプラズマを直線型の磁場配位で閉じ込め、ダイバータ領域の開いた磁力線のプラズマを模擬することを目的としたものである。プラズマパラメータの測定には静電プローブを、炭化水素ラジカルのスペクトル計測には可視分光器を用いている。これらのシステムの詳細と較正等について述べてある。

第4章では計測した回転励起分布と発光強度からメタン・エタン・エチレン・アセチレンの支配的な解離・発光過程を特定するに至った過程、および結果について述べてある。単一種類の炭化水素からの解離・発光を調べることを目的としているため、化学スパッタリングによる複数種類の炭化水素の発生はむしろ議論の障害となる。従って、化学スパッタリングを起こさないヘリウムプラズマを生成し、少量の炭化水素ガス1種類を導入することによって CH ラジカルの発光強度及び回転構造を計測している。回転励起分布と発光強度のプラズマパラメータ依存性、及びヘリウム原子との衝突による回転緩和からCHラジカルの生成、励起過程について検討した結果、メタンから解離したCHラジカルは高回転温度成分と低回転温度成分に分離され、両者とも1回の荷電交換と解離性再結合で生成されたCH(A)とCH(X)からの発光が支配的であることが確認されたことについて述べてある。次にエタンから解離し、発光に寄与しているCHラジカルの生成・発光過程も1回の荷電交換と解離性再結合でCH(A)が生成する過程が支配的であることについて述べてある。エチレン・アセチレンについてはプラズマの電子温度をメタン・エタンの実験時ほど低く維持することが困難であったため、荷電交換過程の実験的証明には至

らず、エチレンの場合は支配的な過程が特定できないこと、アセチレンの場合は電子衝突過程がまだ支配的な電子温度領域を観測していると言えることが述べられている。さらに、これら炭化水素種によって回転励起分布が異なることを利用し、複数の炭化水素種が混在する場合の判別方法について検討した結果について述べられている。

第5章では本研究の結論が述べられている。

以上を要するに、本論文は化学スパッタリングによる炭化水素不純物の発生量を分光的に測定する際に低電子温度領域でこれまで考慮されていなかった炭化水素と主プラズマイオンとの荷電交換反応に始まる解離性再結合を一度経ることでCHラジカルが生成・発光する過程が重要であることを実験的に示した点、及び炭化水素種の同定にCHラジカルの回転励起分布の利用を試みた点でプラズマ工学、特にプラズマ中の原子・分子過程、分光研究の発展に寄与することが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。