

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目 大気圧パルス放電における窒素の回転温度計測
(Measurement of rotational temperature in atmospheric pressure gases during pulsed discharge)

熊本大学大学院自然科学研究科 複合新領域科学専攻 衝撃エネルギー科学講座
(主任指導 浪平 隆男 准教授)

論文提出者 岡田 翔
(by Sho Okada)

主論文要旨

18 世紀の産業革命を機に、我々人類を取り巻く環境は大きく変化した。多くの工場が今までの手工業から大型の機械を取り入れた機械工業へと移行し、その規模もより大規模なものへと発展していった。しかし、それは人類に利益をもたらすとともに、多くの被害をもたらした。特に地球規模で被害を与えるものとしては、地球温暖化、酸性雨、オゾン層の破壊などが挙げられる。現在もその被害は拡大しており、早急に対策を取らなければ近い将来もはや回復不可能な破壊的な段階に立ち至ることが危惧されている。

近年、地球規模の環境破壊と同様に地域規模での環境破壊にも注目されるようになってきた。ダイオキシン汚染、外因性内分泌攪乱化学物質(環境ホルモン)汚染、大気汚染などの身近な環境汚染も人類の命と健康を脅かしている。

現在までにこれらの環境問題の悪化を阻止すべく、さまざまな規制が施行されているが、工場や発電所における脱硝・脱硫装置の設置・維持及び資源の回収・再利用には莫大なコストがかかるため、処理装置の設置・実施が十分に行われていないのが実態である。近年、放電プラズマを用いることで排ガスの浄化が可能であることが確認され、低コスト化が期待されるため様々な研究が行われている。その原理としては、放電プラズマによって生成される反応性に富んだラジカル(化学的活性種)による化学反応を利用することで排ガス処理を行うものである。放電プラズマは排ガス処理やオゾン生成といった環境浄化技術としてだけでなく、用途によっては様々な分野へその応用先を広げている。

放電のアプリケーションが広がる中で放電内部の電子密度、電子エネルギー分布、電界強度、振動温度、回転温度といったプラズマパラメータの診断技術は放電基礎課程の研究に必須なものである。さらに近年ではレーザーやプラズマプロセス等の応用技術の基盤としても、重要性は高まってきている。

放電プラズマの診断技術として最も基本的で広く用いられている手法としてプローブ法が挙げられる。しかしプローブ法は、針状の電極をプラズマ中に直接挿入して計測を行うた

めにプラズマを攪拌してしまい、厳密な意味で正確なプラズマの計測を行うことができない。この手法に対し、プラズマに非接触である代表的な手法に発光分光法がある。この手法はプラズマに攪拌を与えてしまうプローブ法の欠点を補う手法といえる。本論文に記載する 3 章の『パルス放電中における気体分子の回転温度計測』ではこの発光分光法を用いて計測を行っている。

放電プラズマの中でも特に気体分子を用いた非熱平衡プラズマの場合、回転温度という概念は重要なものになってくる。回転温度とは気体分子の回転エネルギーを表すもので、大気圧気体中であればガス温度と近似するという報告がなされている。つまり回転温度を計測することでプラズマ内の温度を知ることができるということである。回転温度は N_2 second positive system からの発光を観測することで計測できる。これらの研究では時間および空間において平均化した回転温度の計測がなされている。しかし、厳密なプラズマの特性を知る上で、時間及び空間での変化を知ることは重要である。そこで本論文では回転温度の計測を時間及び空間的に分解することで、回転温度の時空間特性を明らかにした。オゾンは塩素に比べ極めて強い酸化力を有し、しかも比較的短い時間で分解して無害な酸素分子になるため、二次公害を引き起こす恐れがない。このような特性から、自然に優しい、新時代の殺菌剤、酸化剤として今あらためて注目されている。オゾンの寿命は極めて短く(室温の乾燥空気中で、その半減期は 12 時間程度と言われている)、基本的に長時間の保存が困難である。そのため、利用する際は利用場所に装置を設置し、その都度生成する必要がある。しかもオゾンの生成効率は極めて低く、生成コストが高いことが、これまでオゾンの様々な応用に対する障害の一つになっている。そこで本研究では、従来の方
法に対し、より高効率なオゾン生成が期待される、「パルスパワーによるストリーマ放電を利用したオゾンの生成」を行っている。この方法では、原料ガスを挟んだ金属電極間に直接パルスによる高電界を印加するため、従来の無声放電法に比べ、熱によるエネルギー損失の大幅な低減が期待できる。また電圧パルスの持続時間が数 μs ~ 数 ns と短いため、放電状態がアーク放電へと移行する前に電界の印加が終わり、放電状態の変化を抑制している。このようなパルス電界を、原料ガスに 1 秒間あたり数百回連続的に印加することにより、高効率での高濃度なオゾン生成が期待されている。本論文に記載する第 4 章の『パルス放電方式オゾン生成におけるパルス幅の影響』では、放電状態の変化を制御するパルス幅を変化させた時にオゾン生成に与える効果を明らかにした。