

審査結果の要旨

論文提出者氏名 芝 世式

修士（工学）芝世式提出の論文は、「航空機排気を模擬した NO ガスのオゾン破壊反応に関する実験的研究」と題し、5章から成っている。

現在多くの先進国で次世代の極超音速機の開発が進んでいるが、高層大気を飛行するゆえに生じる大気汚染の問題は深刻である。特に大気成層圏の飛行では、低温のオゾン層中に反応性の高い高温の排気ガスが直接排出されることから、以前より排気ガスによるオゾン層破壊が問題視され研究が進められている。過去の研究の多くは地球規模の大スケールによる数値シミュレーションであり、この分野の研究においては気象観測が重要な地位を占めている。一方、反応性の高いと思われる排気直後の現象に着目した研究は少なく、実機の排出ガスサンプリングやその解析を行ったもの、独自の解析的研究を進めたものがほとんどである。また、排気ガスの拡散に及ぼす翼端渦の影響等が提起されているものの、実験的に検証された例はない。排気直後において排気ガスは高温であり、オゾン層でのオゾン破壊の第一要因と言われている NO の濃度が高いことから、反応は迅速に進むと予想されるため、地上の容器内での実験が可能であると考えられる。また、このような地上実験では、実際の航空機を用いた実験と比べて、環境破壊を行うことなく実験データが得られること、およびコストが非常に安価となることが期待される。

これらの観点から、本論文では、高層大気環境下における排気直後のオゾン破壊反応機構を地上での実験により解明し、衛星、バルーン、航空機等による計測および地球規模の数値シミュレーションと異なった視点からの解析を行うことを目的とする。真空チャンバ内において光化学反応を含む高層大気環境を模擬し、静止雰囲気場および流れ場における NO によるオゾン破壊反応挙動を、NO および NO₂ の LIF 計測により明らかにしている。

第1章は序論であり、本研究の背景を述べ、関連する研究の成果とその問題点を検討し、本論文全体を概観することで研究の目的と意義を明確にしている。

第2章では実験装置および実験方法について述べている。まず、実験装置を構成する、真空チャンバ、真空排気装置、圧力計測装置、オゾン発生装置および紫外線照射装置について説明している。また、本研究で用いた光学計測装置に関し、LIF 法とシュリーレン法について説明を加えている。最後に、各光学計測法およびピトー圧計測法を用い、流れ場を測定する手順を説明している。

第3章では、静止雰囲気における実験結果と考察を述べている。まず、LIF 法による光学計測の有効性と限界に関して説明している。静止雰囲気における NO および NO₂ 両分子の LIF 強度特性を確認し、オゾンとの反応を定量的に見積もることが可能であることを示

している。また、紫外線照射装置を用いて真空チャンバ内の乾燥空気雰囲気中に紫外光を照射することにより光化学反応場を模擬し、用いた照射装置の光化学的特性を明らかにするとともに、オゾン生成量をLIF法により定量的に求めている。さらに、紫外光照射下のNO_xを含む化学非平衡場において、LIF法による定量的計測の可能性を示すとともに、未知の光化学反応定数を推定し、その妥当性を数値計算により明らかにしている。

第4章では、流れ場における実験結果および考察について述べている。まず、シュリーレン法を用いて、ノズルより噴射される模擬排気ガスの流体力学的な特性を確認している。また、NO-LIF法を用いて流れ場の瞬間像および平均像を得ることにより、排気ガス噴流の非定常な挙動を把握している。さらに、NO-LIF法およびNO₂-LIF法を用い、流れ場でのオゾン破壊反応の計測を試みている。その結果、NO-LIF法による定量的計測は種々の制約を有するため、その適用範囲が限定されることが確かめられ、一方、NO₂-LIF法には分解能等の問題は存在するものの、定量的計測が可能であると結論づけられている。

第5章は結論であり、本研究において得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文では、真空チャンバを用いた成層圏オゾン層における光化学反応場の模擬の可能性を示し、NO-LIF法およびNO₂-LIF法によりオゾン破壊反応の計測を行ない、オゾン反応量に関する数値計算結果との比較から計測手法の有用性を確認するとともに、その適用限界を明らかにしている。これらは、航空機がオゾン層に及ぼす影響を解明する上で有用な知見を与えるものであるとともに、レーザレーダによるオゾン層内NO_x計測装置への応用の可能性を示したものであり、航空宇宙工学および環境工学上貢献するところが大きい。

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。