

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 中谷 辰爾

修士（工学）中谷辰爾提出の論文は、「航空機排気成分の成層圏オゾンに及ぼす影響に関する基礎研究」と題し5章からなっている。

近年、航空機の移動手段としての役割が非常に大きくなっており、その需要は今後も増大していくものと思われる。それにともない、航空機の環境に及ぼす影響に対する関心が高まっている。それらの影響の中でも、航空機の排気成分による成層圏オゾンの破壊は、超音速機が飛行を始めた1970年代から危惧されており、いくつかの研究プロジェクトが立ち上げられてきた。従来の研究では、地球規模のような大規模スケールの数値計算により、成層圏オゾンの減少挙動が調べられている。しかしながら、これら数値計算の結果は各々の研究が用いた数値計算手法やモデルに依存するため、それらの妥当性が明確にされているとは言えない。これらの数値計算の精度を向上させるためには、実験的な手法を用いることでそれらのモデルの妥当性を検討する必要があると考えられるが、成層圏における航空機の排気成分が成層圏オゾンに及ぼす影響に関する研究は、実機の排気成分の挙動を直接測定したものや、超音速機を使用して成層圏における微量化学種濃度を測定した研究を除いてあまり行われていない。

航空機の排気成分には、窒素酸化物 (NO_x)、水素酸化物 (HO_x)、二酸化炭素、未燃炭化水素および水蒸気等が含まれるが、中でも、 NO_x と HO_x はそれらの触媒的なオゾン破壊機構から、オゾン濃度を減少させると考えられている。これらの化学種は、将来使用されると考えられる水素を燃料とする空気吸い込み式エンジンの排気中に多く含まれていると考えられ、それらの成層圏環境に及ぼす影響を見積もることは非常に重要である。このような観点から、本論文では成層圏を飛行する航空機のオゾンに及ぼす影響に関して基礎的な研究を行っている。実際に成層圏を航空機が飛行した際に、それらの排気直後の状態や、オゾン濃度を長期的に測定する計測法を提案するとともに、排気中に含まれる NO_x および HO_x が成層圏オゾンに及ぼす影響を調べている。これらの影響を評価するために、大型真空チェンバを使用することで、成層圏レベルの低圧力環境下における静止雰囲気および排気ブルーム中における NO_x および HO_x とオゾンの反応挙動を実験的に調べている。また、数値計算を用いて、成層圏背景レベルのオゾン濃度雰囲気におけるこれらの化学種の挙動、および排気ブルームが噴射された場合のそれらの反応挙動を、基礎的な観点から検討している。

第1章は序論であり、高層大気の特徴、成層圏オゾンに関する歴史的な研究、航空機の排気中に含まれる成分の特徴、航空機の排気が環境に及ぼす影響に関する研究、および計測法に関する従来の研究を概観し、本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，測定原理および方法について述べている．使用された実験装置の概要が説明されるとともに，レーザ誘起蛍光法（LIF 法），紫外吸光光度法およびフーリエ変換赤外分光光度法（FT-IR）の測定原理および測定方法を述べている．また，LIF 法によるオゾン濃度の気相滴定法や NO₂ の光解離を利用した LIF 法による流速測定法など，本研究で提案される測定法に関して説明を加えている．

第 3 章では数値計算手法と計算内容について説明されている．0 次元の化学反応計算と感度解析の手法，Expanding Box 法を使用した化学反応計算と感度解析，および 3 次元 Navier-Stokes 方程式を利用した排気プルーム中における反応計算について説明が加えられている．

第 4 章では実験結果および数値計算結果について述べている．LIF 法を使用した気相滴定法の妥当性，NO₂ の光解離を利用した流速測定法による速度測定結果が示され，それらの計測法により精度良く濃度および速度を測定できることが示されている．また，真空チェンバを用いた低圧水銀ランプ照射下の反応系の LIF 法および FT-IR による測定結果と，0 次元化学反応計算結果を比較することにより，NO_x，HO_x およびオゾンの基礎的な挙動を明らかにしている．また成層圏環境における背景レベルの濃度の化学種に関する反応計算および感度解析，Expanding Box 法による排気プルーム中における化学種の挙動および感度解析を行い，成層圏における NO_x，HO_x およびオゾンの反応機構を詳細に検討している．さらに 3 次元計算を用いて，成層圏に噴射された排気プルーム中における排気成分とオゾンの反応特性を調べるとともに，排気プルーム中の化学種濃度計測を行い，計算結果が実験結果と定性的に一致することを示している．これらの結果から，成層圏環境における航空機排気成分の基礎的な挙動およびオゾンとの反応機構を明確にすることができたと結論づけている．

第 5 章は結論であり，本論文において得られた結果を要約している．

以上要するに，本論文は，成層圏レベルの高度において航空機が飛行した際の排気成分を測定する手法を提案するとともに，排気に含まれる化学種の排気プルーム中および成層圏環境下における挙動を詳細に解析することにより，航空機排気のオゾン破壊に関する反応機構を実験的および理論的に明らかにしたものであり，航空宇宙推進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．