

氏 名	たかしま ひさひろ 高 島 久 洋
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3200 号
学位授与の日付	平 成 19 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	An observational study of ozone variation in the tropical tropopause layer (熱帯対流圏界面遷移層内のオゾン変動に関する観測的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 塩 谷 雅 人 教 授 余 田 成 男 教 授 町 田 忍

論 文 内 容 の 要 旨

近年、熱帯域の対流圏界面領域は、数kmの厚みを持った対流圏から成層圏への遷移層として捉えられるようになってきている。ここは、対流圏から成層圏へ大気の流れ込むところであり、地球大気質の変動を理解する上で物質交換の観点から鍵となる領域の一つである。ところが、これまで観測データが少なかったこともあって、そこで生起する力学、光化学、放射等に関わる諸過程について未解明な部分が多かった。この論文では、高鉛直分解能のオゾンゾンデデータにもとづき、熱帯対流圏界面遷移層内におけるオゾンの時空間変動を把握するとともに、そこでの輸送・交換過程に関する新たな知見を得た。

まず、SHADOZ (Southern Hemisphere Additional OZonesondes) オゾンゾンデネットワーク5年分のデータを用い、熱帯対流圏界面遷移層内におけるオゾンの経度・時間変動について調べた。上部対流圏におけるオゾンの経度分布は、大西洋からアフリカにかけて極大、西部太平洋で極小をもつ東西波数1の構造が年間を通して卓越しており、いっぽう、ほぼすべての経度帯で北半球の夏から秋を中心とした極大をもつ。このオゾン分布と温度構造との対応関係について調べたところ、オゾンの多い経度・季節においては上部対流圏の気温減率は緩やかであることがわかった。そして、この東西の温度構造とオゾンの変動は、熱帯域における熱源に対する大規模な大気の応答と鉛直輸送によって説明できることを明らかにした。上部対流圏におけるオゾンの変動性も大西洋からアフリカにかけて極大、西部太平洋で極小となるが、気温の変動性あるいはオゾンと気温との相関にはそういった特徴は見られず、大規模な赤道波がオゾンの東西分布に影響を及ぼしているとは考えにくいことがわかった。

次に、熱帯中央太平洋域のキリバス共和国クリスマス島 (157W, 2N) で、1999年3月から2003年1月にかけて計9回おこなわれたオゾン・水蒸気ゾンデキャンペーン観測にもとづき、これまでSHADOZ オゾンゾンデネットワークにおいてもデータの空白域であった熱帯中央太平洋におけるオゾンの時空間変動について調べた。クリスマス島でのオゾンゾンデ観測から、オゾンは対流圏全層にわたり濃度が低く、特に海洋境界層内では極めて低濃度となることがわかった。また、気象場は明瞭な年変動を示すものの、オゾンの年変動はほかの熱帯域の観測点と比べて小さい。いっぽう、2002年8月には対流圏界面直下でも極めて低濃度のオゾンが観測された。気象場の解析から、上部対流圏ではこの時期クリスマス島の北部に位置する熱帯収束帯からの流れが卓越しており、そこでの海洋境界層内で生成された極低濃度オゾン空気塊が数日の時間スケールで輸送されてきたものと結論付けられる。この気象場の特徴は北半球の夏の時期に固有なもので、上部対流圏における極低濃度オゾンは、この時期に限って出現すると考えられる。また、2002年6月のキャンペーン観測データから、赤道ケルビン波にともなうと考えられるオゾン・水蒸気変動を明らかにした。この結果は、北半球の夏の時期においても、赤道ケルビン波による脱水過程あるいは混合過程が重要である可能性を示唆している。

論文審査の結果の要旨

この論文は、地球大気質変動に関わって重要な領域であることが近年認識されてきている熱帯対流圏界面遷移層について、高鉛直分解能のオゾンゾンデデータにもとづき、そこでのオゾンの時空間変動を明らかにするとともに輸送過程について新たな知見を与えたものである。

まず、これまで記述が断片的であった上部対流圏のオゾン分布と温度場の関係を同時に捉えることで、上部対流圏で観測されるオゾンの東西波数1をもった構造が、気温の減率の分布においても観測されることを見出した。さらにこれらの構造が、熱帯域における積雲活動にともなう加熱によって引き起こされる大規模な大気の応答パターンに対応しており、同時に地表付近の低濃度のオゾンの輸送が上部対流圏におけるオゾン減少を引き起こすことによって、観測から得られた温度場とオゾン分布のどちらをも説明しうることを明らかにした。また、輸送過程を考える上で重要な要素であり、こういったオゾンの非一様性を作り出す要因の一つとしてこれまで考えられていた熱帯域に固有な大気波動の役割についても考察したところ、大規模なオゾンの空間変動を理解する上で必ずしも大気波動が大きな役割を果たしているわけではないことも明らかにした。これらの結果は、熱帯対流圏界面遷移層内のオゾン分布を理解する上で新しい考え方を提示したものとして評価できる。

次に、申請者自身が観測に参加したオゾン・水蒸気観測キャンペーンから得られたデータを用いて、これまで観測の空白域であった熱帯中部太平洋域（キリバス共和国・クリスマス島）におけるオゾンの季節変動を解明した。特に北半球の夏の時期に、上部対流圏において極めて低濃度のオゾンが現れることを見出し、それが熱帯収束帯の海洋境界層から運ばれてきたものであることを明らかにした。クリスマス島で見られる季節性はこれまで熱帯域の他の観測点で知られていたものとは異なっており、この極低濃度のオゾンが気象場の年変動と密接に関連しながら特定の季節にのみ見られるという観測事実と、その輸送過程に関する考察は新規性に富んでおり、今後この領域におけるさまざまな研究の発展につながるものとして評価できる。

また、観測データの取り扱いに関して、申請者自身が観測に参加し現場を経験した中から、オゾンゾンデの放球前におこなわれる較正作業の重要性を再認識し、これまであまり注意の払われてこなかった問題に対して、詳細な検討をおこなっている。これは、申請者が見出した上部対流圏における極低濃度オゾンという非常に興味深い観測事実の確からしさをより向上させる工夫として評価できる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。