

論文審査の結果の要旨

氏名 野口克行

本論文は、成層圏における微細な波動や乱流による物質輸送の世界的な分布をオゾンゾンデのデータから推定し、その起源を論じたものである。論文は4章からなり、第1章は成層圏オゾンの分布に見られる微細構造や中層大気力学に関する研究の背景、第2章は全世界のオゾンゾンデによる下部成層圏のデータの解析結果、第3章は日本の高高度気球による上部成層圏のデータの解析結果、第4章は全体のまとめである。

大気の輸送混合過程は、大気科学における重要な課題の一つであり、その理解のための研究が精力的に行われてきたが、客観解析データでは再現し難い鉛直スケールが数 km 以下の微細なプロセスは依然として謎に包まれている。一つのアプローチとして、オゾンの鉛直分布の微細構造に注目し、オゾントレーサーとして異なる領域に起源を持つ空気塊を峻別するという方法がたびたび試みられてきた。しかしこれまでの研究は、特に目立つ現象についてのイベントスタディか、あるいは限られた地域や季節についての解析にとどまっており、世界的な分布や季節変化は明らかにされていない。

この論文では、全世界の気象官庁等のオゾンゾンデによる10年間にわたる膨大な観測データ（品質の良い24地点を抽出）と、東北大学が岩手県で毎年行っている光学式オゾンゾンデによる上部成層圏のデータが解析対象となっている。論文提出者はこれらを集め、鉛直波長2 km程度以下の擾乱構造を温位や渦度との相関に注目して統計解析し、これまで知られていなかった小スケールの輸送過程の世界的な分布と季節変化を初めて描き出した。成層圏オゾンの鉛直微細構造の生成機構は水平移流と鉛直移流に大別されるが、鉛直移流の寄与の程度は温位とオゾン混合比の間の相関から推定できる。すなわち、温位もオゾンも共に空気塊の移動に際して保存的であり、温位は鉛直移流によって変化するとすれば、相関が高い場合にはオゾンの変動は鉛直移流に起因するとみなせるのである。

解析結果によれば、下部成層圏におけるオゾン混合比と温位の相関係数には顕著な緯度依存性があり、概して低緯度ほど相関が高い。また、中緯度では夏～秋に相関が高いという季節変化がある。本論文では、この中緯度での季節変化の原因を明らかにするために、まず鉛直移流を引き起こしていると思われる内部重力波の活動度を温度擾乱から推定した。その結果によると、中緯度では大気重力波の活動は冬季に活発であるため、中緯度における相関値の季節変化が鉛直移流の大きさの季節変化によって引き起こされるという可能性は棄却される。論文提出者が提案するシナリオは、鉛直移流を上回る大きさの水平移流によるオゾン変動が冬～春に増大し、この季節に相関値が低下するため、結果として夏～秋に相関値の極大が現れるというものである。本論文では、このような水平移流を客観解析

データからどの程度説明できるか、後方流跡線解析によって渦位の微細構造を再現することによって検討し、今回注目している小さなスケールではその検証が困難であることも論じている。また、鉛直移流が卓越する時期についてイベントスタディを行い、対流不安定やシア不安定による内部重力波の砕波が非可逆的な鉛直混合を引き起こしている例が示されている。

上部成層圏についても同様にオゾン混合比と温位の相関解析が行われているが、その結果は、この領域では鉛直移流の寄与は下部成層圏に比べて小さいことを示している。その理由としては、この高度ではオゾン混合比の鉛直勾配が小さいため、鉛直移流による変動が現れにくいということがある。上部成層圏ならではの変動過程として、気温変化を介した光化学反応が考えられるが、時定数の議論から、その可能性は小さいと結論されている。残る可能性は水平移流である。ただし、下部成層圏と同様に、小スケールの水平移流の影響を客観解析データから裏付けることは難しいようである。

以上の研究成果は、目的に対するアプローチの仕方、初めて明らかになった現象の全体像、その科学的解釈とも、大変独創的なものであり、新しい研究領域を切り開く論文として高い価値が認められる。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。