

# Dynamical Features of Antarctic Sudden Stratospheric Warmings and Their Influences on Ozone Hole Changes

刘, 光宇

<https://hdl.handle.net/2324/4474942>

---

出版情報 : Kyushu University, 2020, 博士 (理学) , 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名 : 刘 光宇

論 文 名 : Dynamical Features of Antarctic Sudden Stratospheric Warmings and Their Influences on Ozone Hole Changes

(南極域における成層圏突然昇温の力学的特徴とオゾンホール変動への影響について)

区 分 : 甲

### 論 文 内 容 の 要 旨

気象庁 55 年長期再解析データ (JRA-55) とアメリカ航空宇宙局 (NASA) の地球観測衛星 Aura 搭載の測器 Microwave Limb Sounder (MLS) から取得されたオゾン混合比鉛直プロファイルデータを用いて、2019 年南半球冬季における成層圏突然昇温、およびそれに伴うオゾンホール変動の力学に関する解析的研究を行った。

まずは 2019 年 9 月南半球冬季の成層圏突然昇温 (Sudden Stratospheric Warmings; SSW) に関するものである。SSW は、対流圏から成層圏に伝播する東西波数が 1~3 (WN1~3) の惑星規模波動が平均流と相互作用することで成層圏の子午面循環が強化され、極域の空気塊の下降に伴う断熱圧縮により引き起こされる。南半球の中緯度では北半球と比較して、大規模な山岳や大陸・海洋の熱的コントラストが少なく、対流圏で励起される惑星規模波動の活動度が弱いため過去には SSW がほとんど起こっていない。2019 年 9 月に、過去に一度しか観測されていない 2002 年 9 月の大規模 SSW に匹敵する極域成層圏の気温上昇(約 60 度以上)が報告された。しかし、昇温幅は大きかったものの、南緯 60 度 10hPa における東西平均東西風が西風から東風に逆転しなかったため、世界気象機関(WMO)の定義に基づけば、小規模 SSW に分類されている。上述の背景より、本研究では 2019 年の SSW の力学的特徴について詳細に解析し、2002 年の大規模 SSW との比較を行った。波活動の指標である Eliassen-Palm(EP)フラックスで見ると、2019 年冬季成層圏に伝播する WN1 の惑星規模波動の寄与は他の波数成分と比較して圧倒的に大きかった。さらに、成層圏極周辺の強い西風(極夜ジェット)の減速をもたらす EP フラックスの収束は、2002 年 SSW の値を上回って、2002 年以降で最大であった。このように強い惑星規模波動(特に WN1)が西風減速に寄与したにも拘わらず、2019 年 SSW が大昇温とならなかった要因として、2019 年 SSW が発生した時期が南半球の冬季に相当し、極夜ジェットが強い状態で存在していたこと、2002 年の SSW 時と異なり最終昇温に至る前に複数回の惑星波による極夜ジェットの減速過程 (pre-condition) が存在しなかったためと考えられる。

次に 2019 年南半球 SSW に伴うオゾンホールの時間変化とオゾンの力学的輸送との関係について解析を行った。南極域オゾンホールの規模は、オゾン層破壊物質の濃度の変化、および南極上空の成層圏気温や成層圏大気循環場の変化などによって年々変動している。モントリオール議定書によりオゾン層破壊物質 (ODS) の濃度は 1990 年代半ばから緩やかに減少しているが、依然として高いレベルにあり、化学的な背景はあまり変化がないものと考えられる。本研究の解析から、2019 年のオゾンホールは 8 月上旬から始まり、9 月初めに最大面積に達し、9 月中旬から平年より小さく推移し、オゾンホール面積の最大値は、1990 年以降で最も小さな規模であることがわかった。

2019年は、前述のSSWをもたらした惑星波の増幅のため、極向きの子午面循環が強まり、高緯度下部成層圏の気温が上昇し、オゾン層破壊を促進する極成層圏雲（PSC）の形成・発達抑制されたことが要因の一つと推測される。さらに、2019年のオゾンホールが発達する時期に、SSWによって南極上空に平年と比べ強い残差平均下降流が形成され、これによってオゾンの体積混合比の高い空気塊が下層により多く輸送されたことで、2019年オゾンホールが小規模にとどまったと考えられる。