

論文審査の結果の要旨

氏名 永島 達也

本論文は主な部分として3つの章からなり、第2章は3次元化学大循環モデルを用いた成層圏オゾン分布の再現実験、第3章ではそのモデルを用いた近年の成層圏気温低下傾向の検証、第4章では今後のオゾン層変動予測実験について述べられている。

近年、成層圏オゾンに顕著な減少傾向の見られることが、各種の観測により明らかになってきている。また、成層圏のいくつかの領域では顕著な気温の低下傾向も報告されている。このような気温低下の原因が成層圏オゾンの減少といえるか否かについては、意見が別れており、特に北半球高緯度下部成層圏の低温化については、研究の進展が待たれている状況である。このような成層圏気温の低下傾向は、今後さらにオゾン減少が進行してしまう事を予期させるが、これがどの程度の規模になるかは、適当な数値モデルを用いて検討していく必要がある。

第2章では、今回開発された化学大循環モデルの概要、およびこれを用いたアンサンブル実験の結果を示している。モデルは33種の化学成分が関与する50本の均一化学反応と24本の光解離反応を含んでいる。さらに、極域成層圏雲(PSC)の生成量をモデルが計算する気温場、水蒸気量、硝酸蒸気量を用いて陽に計算しその上での不均一反応を考慮している。アンサンブル実験を行うことにより、1990年代のオゾン全量の季節進行の様子を比較的よく再現する事ができ、南極域オゾンホールや北半球高緯度のオゾン減少も、モデルに組み込んだ化学過程の作用により計算可能である事を確認している。

第3章ではこのモデルを用いて最近の成層圏気温低下傾向の要因の検証を行っている。具体的には1986年から2000年までの各種化学物質濃度や、海面水温(SST)の変動を様々な想定した15年間の感度実験を5種類行い、各実験の結果を比較する事によって要因を検討している。計算された中層大気気温は、中上部成層圏における気温低下を良く再現している。これについては大気中のハロゲン量の増加に伴うオゾン減少が引き起こす短波加熱の減少とCO₂の大気中濃度の増加に伴う大気冷却がほぼ同程度の寄与を示していることが分った。一方、南半球高緯度の10月から12月には南極オゾンホールに相当する大規模なオゾン減少が再現され、その1ヶ月後には気温の低下傾向も認められた。10月/11月にはオゾン減少に伴う短波放射加熱の減少が起こっており、これにより気温低下傾向が説

明される。一方、気温低下が起こっている領域の上層約 10hPa では下降流の増大にともなう気温上昇が再現されている。

北半球高緯度下部成層圏においては年々変動が卓越しているため、さらに 10 年実験期間を延長している。それによると、北半球高緯度下部成層圏気温低下傾向には SST の変化が大きく影響している。熱帯から北半球中緯度の下部成層圏、上部対流圏には、特徴的な気温変動が見られ、熱帯 70hPa 付近の気温減少傾向は上昇流の強化が影響している。北半球中緯度の 125hPa 付近には下降流の増加が見られた。それに伴い、極域気温の南北勾配が大きくなり、北半球高緯度成層圏のほぼ全域で冬季から春季の西風が強くなり、熱輸送が減少している。一方、この気温低下に伴いオゾン破壊が起こり春の短波放射加熱を減少させており、北半球下部成層圏春季の気温低下傾向は、力学的作用と化学的作用の両者が 1:1 の寄与をしていることを示している。

第 4 章では、1986 年から 2050 年までのオゾン層予測実験を行っている。計算された南極オゾンホールは、TOMS 観測期間は良く再現している。その後 2015 年位までは同じ規模で推移し、その後 2040 年後半に 1980 年代にもどると予想されている。これは下部成層圏の無機塩素総量の推移にほぼ等しい。北半球高緯度においては、気温低下傾向は小さくなく、塩素負荷の減少に伴いオゾン減少も小さくなっていく結果となっている。

最近の成層圏温度の低下傾向とオゾン変動をむすびつけた詳細なモデル研究はこれまでになく、きちんとした化学大循環モデルによるオゾン予測は初めての研究である。以上のような研究は気象学に新しい知見をあたえ、気象学の発展に大きく寄与したと判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。