

(別紙2)

論文審査の結果の要旨

氏名 滝川 雅之

本論文は主な部分として3つの章からなり、第2章は成層圏大循環化学モデルについての記述、第3章では平静時に於ける成層圏硫酸エアロゾルの生成とその化学的・放射的役割を、第4章ではピナツボ噴火後の気候変動について述べられている。

成層圏硫酸エアロゾルは、15 km から 30 km にかけての高度域に全球的に分布し、硫酸液滴の形状をとっているものが中心であると考えられている。このエアロゾル層は短波・長波の散乱および吸収に影響し、またその表面上での不均一反応は ClO_x や NO_x の分布を変化させ、オゾンなどの他の化学種へも影響力を持っており、特に大噴火後に大きいと言われている。

第2章は化学モデルの記述である。化学、放射、力学過程の相互作用がモデル内で考慮されている。また、 SO_2 からの気相反応による硫酸エアロゾル生成を、 HO_x などの他の化学種との相互作用を考慮しながら予報し、積雲対流によるトレーサーの輸送を考慮している。このようなモデルを用いて、硫酸エアロゾルの化学的、放射的影響を数年スケールの長期間にわたって評価することが可能となった。気相反応のみのモデルで輸送および放射の再現性を調べてみたところ、長寿命の温暖化物質である CH_4 や N_2O について鉛直濃度勾配などが衛星観測と良い一致を示している。オゾンコラム量の季節変化はオゾンホールの影響がまだ顕著に現れていない時期の衛星観測と比較して良好な再現性を示している。

第3章では平穏時の成層圏硫酸エアロゾルに対して地表起源の SO_2 がどの程度寄与し得るのかを調べるため、火山噴火の無い状況下での数値実験をおこなっている。平穏時の硫酸エアロゾルについて、高度 20 km 付近にピークを持つ層状構造を示すなど、平穏時における衛星観測と良く一致している。また硫黄循環について見ると、 OCS が成層圏硫酸エアロゾルの主な生成源であり、年間生成量の 80% 程度の寄与を示していることがモデルで示されている。残りの 20% は地表起源の SO_2 となっている。 SO_2 の地表付近での光化学的寿命は数日程度と短い、おもに赤道域での積雲対流によって地表付近から上部対流圏にまで輸送されることによって、成層圏にまで到達しうる。エアロゾル表面上での不均一反応によって、 NO_x/HNO_3 の比率が気相反応のみの実験時に比較して 15% 程度減少

していた。これは気相反応のみのモデルでは NO_x を過大評価しているためである。硫酸エアロゾル表面上での不均一反応を考慮することにより、赤道域下部成層圏における平穩時の NO_x/HNO₃ の値は LIMS による衛星観測で得られた値とほぼ一致している。平穩時における不均一反応によってコラムオゾン量は中-低緯度で 2% 程度の増加を示している。これは主に NO_x の減少に伴うものである。成層圏/対流圏硫酸エアロゾルの放射的影響については、長波の吸収によって最大 +0.09 W/m² の温暖化、短波の散乱によって最大 -0.34 W/m² の寒冷化を示し、年平均のネットとして -0.195 W/m² の寒冷化に作用することが示されている。

第 4 章では、大規模な火山噴火に由来する急激な SO₂ の成層圏への流入がオゾン、気候に与える影響について考察するために、1991 年 6 月のピナツボ火山噴火に相当する 17Mt の SO₂ を赤道域下部成層圏に与えて、3 年間数値実験を行っている。21-31 km の高度域における SO₂ は 45 日程度の e-folding time で減少していた。北半球中緯度における硫酸エアロゾルの表面積密度は高度 20 km においては 1992 年 1 月ごろに最大値を示したが、これは衛星観測および地上観測と一致している。硫酸エアロゾルによる放射強制力は長波、短波ともに最大で平穩時の 10 倍以上の値を示し、長波と短波を合計して、1991 年 12 月に

-2.1 W/m² の極小値を示した。噴火後半年程度はエアロゾルの長波吸収の影響を強く受け、赤道域下部成層圏の温度が 2-3 K 程度上昇したが、このような短期間の温度変動には、エアロゾル表面上での不均一反応の有無は大きな影響を与えていない。エアロゾル表面上での不均一反応はエアロゾル表面積密度が最大となる 1992 年 1 月ごろから大きな影響力を持つようになり、ClO_x によるオゾン破壊を活性化することによって、1992 年 7 月頃を極大とするオゾン減少を引き起こしていた。このオゾン減少量は衛星観測から見積もられた値と比較すると中緯度から高緯度にかけてよく一致しており、1992/1993 年の北極域の寒冷化にオゾン減少が大きな寄与をしていることが示唆されている。

なお、本論文の第 2 章は、高橋正明、秋吉英治との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。