

# 論文審査の結果の要旨

氏 名 須藤 健悟

この論文は対流圏オゾンを中心とした対流圏光化学とその変動を全球的に考察している。対流圏オゾンは温暖化ガスの1つであり、他の化学物質と反応する重要な物質であり、地球大気環境に重要な役割を果たす物質である。その変動を化学モデルを用いて研究をおこなっている。

1章での序説のあと、2章では大気大循環モデルを土台として、その中にオゾンを中心とした対流圏化学過程を導入することによる、全球化学気候モデルの構築が述べられている。このモデルでは、化学反応に加えて、大規模移流輸送、積雲対流による鉛直輸送、地表からのオゾン前駆体 emission、雷による  $\text{NO}_x$  生成、湿性／乾性沈着などが考慮されており、その詳細なスキームの説明がなされている。モデルの空間分解能は水平約 2.8 度で、鉛直には高度 40km までの 32 層のモデルである。

モデルで計算された対流圏オゾンや個々の前駆気体の分布が計算され、その結果は観測された値とほぼ整合的であることが、多くの気体で説明されており、このモデルでのオゾン生成／消滅過程の表現の妥当性が示されている。また、モデルで再現された OH ラジカルによるメタンの化学的寿命は 9.4 年と見積もられているが、その値は IPCC（気候変動に関する政府間パネル）により見積もられている 9.6 年とよく一致している。

さらに、このモデルによる対流圏オゾンの全球収支解析では、成層圏からのオゾン流入は  $531\text{TgO}_3/\text{yr}$  であり、一方対流圏内の生成量は  $4746\text{TgO}_3/\text{yr}$  でオゾン収支においては支配的となっていて、他のモデルと同様な値となっている。さらに、ネットのオゾン生成量は境界層内よりも、上部対流圏の方が大きいことが示されている。

3章では、対流圏オゾンの放射強制力が見積もられている。全球平均では、約  $0.5\text{W}/\text{m}^2$  のオゾン強制力が計算されており、これはメタンの放射強制と同等の値である。とくに北半球の夏期大陸上では  $1\text{--}1.5\text{W}/\text{m}^2$  と  $\text{CO}_2$  と匹敵する程強いことが示され、将来の気候変動においても対流圏オゾンが重要な役割を演じるこ

とが示唆されている。

4 章では熱帯域対流圏オゾンの変動過程が調べられている。対流圏オゾンは気象場に大きく左右される。その 1 例として、熱帯域の 1997-1998 年のエルニーニョに注目してオゾン変動を調べている。観測で得られたエルニーニョにともなうオゾンの変動パターンが良くモデルで再現されている。エルニーニョ時の Walker 循環の変動、積雲対流分布の東西シフト、それに伴う水蒸気分布の変動がオゾン変動を引き起こしていることをモデルで始めて確認している。とくに、インドネシア域のオゾン増大に関してはこの時期に起こった森林火災の影響も大きいと考えられるが、この実験は観測されたオゾン増大の半分程度はエルニーニョにともなう気象場変動の影響で説明されることを示している。

5 章では、将来的に対流圏オゾン化学がどのように変化するかの予測実験をおこなっている。emission 変化と気候変動の両方の効果をみるために、emission のみの実験 (Exp1) と emission 変化と気候変動を考慮した実験 (Exp2) をおこなっている。シナリオは IPCC SRES-A2 シナリオに従っている。Exp1 で、オゾンはほぼ直線的に増加し、2100 年では 44% の増加が計算された。Exp2 では温暖化による水蒸気増加によるオゾン破壊の活発化で対流圏下層では Exp1 に比べオゾン増加は緩和されるが、温暖化による循環の強化で全球では Exp1 と同等の増加となっている。

以上のような結果は、大気化学の研究に重要な貢献をするものと思われ、大気化学に新しい知見をあたえ、大気化学の発展に大きく寄与したと判断する。

なお、本論文の一部は高橋正明氏他との共同研究であるが、論文提出者が主体になって研究を行ったもので、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。