

CCSR/NIES 化学気候モデルを用いたオゾン層の将来予測実験

A future prediction of the ozone layer using the CCSR/NIES Chemistry-Climate Model

秋吉 英治 [1]; 坂本 圭 [1]; 永島 達也 [1]; 高橋 正明 [2]; 今村 隆史 [1]

Hideharu Akiyoshi[1]; Kei Sakamoto[1]; Tatsuya Nagashima[1]; Masaaki Takahashi[2]; Takashi Imamura[1]

[1] 環境研; [2] 東大気候センター

[1] NIES; [2] CCSR, Univ. of Tokyo

1. はじめに

SPARC 傘下のプロジェクトである化学気候モデルバリデーション (CCMVal) では、化学気候モデルの開発、化学気候モデルによる微量成分や気候の将来変動予測、および観測データとの比較を通して、微量成分や気候変動に関連する個々のプロセスの理解を深める活動を行っている (Eyring et al., 2006, JGR)。このプロジェクトでは、化学気候モデルといくつかのシナリオを用いた計算が推奨されている。その一つである REF2 実験 (将来予測実験) を、CCSR/NIES 化学気候モデルを用いて 2100 年まで行ったので、その結果について報告する。

2. 数値実験

CCMVal-REF2 実験では、オゾン破壊物質と温室効果気体の経年変動は、それぞれ、WMO(2003) の Ab シナリオ、IPCC(2000) の A1B シナリオを使うように決められているので、このデータを使った。海面水温は、CCSR/NIES/FRCGC の大気海洋結合モデルの将来予測実験アウトプットを使った (Shiogama et al., 2005, GRL)。太陽 11 年周期、QBO、火山爆発によるエアロゾルの増加の影響は入っていない。計算は 1975 年から始め 2100 年まで行った。最初の 5 年間はモデルのスピニングアップとみなし、1980 年 1 月 1 日以降の結果の解析を行った。

3. オゾンホール消滅時期

3.1 オゾンホール面積の最大値の経年変化

図に、オゾン全量が 220 DU 以下の面積について、その年の最大値の経年変動を、TOMS データ (黒四角) と REF2 実験 (赤丸) について示す。CCSR/NIES モデルの計算結果は、観測と同様に 1982 年頃から増え始め、2000 年頃にピークに達し、2020 年以降、塩素量の減少に伴って、顕著に縮小している。オゾンホールは、年々変動を考慮して 2050 年 ~ 2065 年くらいの間にはほぼ解消されるという結果が得られた。さらに感度実験として、ハロゲンなどのオゾン破壊物質の経年変動は同じで、温室効果ガス濃度を 1975 年の値に固定し、海水面温度を 1970 年代の平均値に固定した (すなわち将来の地球温暖化の影響をなくした) 実験を行った。その結果は白抜き赤丸で示されている。ただし、国立環境研究所のスーパーコンピューターシステム更新による現有スーパーコンピューター (NEC-SX6) の 2006 年年末での使用中止という事情により、この計算は 2063 年で中止された。この結果を、温暖化の影響を入れた標準実験の結果と比べると、明らかにオゾンホール回復時期が遅れてきていることがわかる。2050 年付近でその遅れの程度を見積もると、15 ~ 20 年である。大気中で EESC 濃度の減少したオゾンホール消滅時期に関しては、温室効果ガス増加による成層圏寒冷化によるオゾン増加の影響があることがわかる。

3.2 オゾンホール回復時期と南極上空の塩素濃度および EESC 濃度との関係

南極上空で Cly が 1980 年の値 (=1.28 ppbv) に戻るのは 2055 年頃であり、EESC が 1980 年の値 (=1.89 ppbv) に戻るのは、2070 年頃になっている。一方、モデルのオゾンホールは 2060 年を過ぎた頃からほぼ消滅している (2062 年に弱いオゾンホールが再発しているがその後はほぼ消滅している)。このオゾンホール消滅時期は EESC の回復時期に比べると若干早い (図略)。温室効果ガスと海水面温度を固定した実験では、オゾンホールが消滅するのは 2070 ~ 2080 年の間くらいになると考えられ、この年代の EESC 量はほぼ 1980 年レベルかそれよりほんの少し少ないレベルである。オゾンホールの消滅と EESC 量はほぼ対応していると考えられる。そして、温室効果ガスの増加によって成層圏気温が低下したことに起因するオゾン増加は、オゾンホールの消滅を 10 ~ 20 年早めると考えられる。

4. 考察

大気中の EESC 濃度が低くなるオゾン層回復時期に関して、地球温暖化は、オゾンホールの消滅時期を早めることが計算された。これは、成層圏の寒冷化によって、オゾンに関わる気相化学反応の温度依存性によりオゾン濃度が増えるためである。一方では、温暖化に伴う成層圏の寒冷化によって極成層圏雲 (PSC) の量が増え、それが不均一反応をより盛んに起こし、大気中の EESC 濃度が高い状況では、オゾンホールをより深く (オゾン破壊をより激しく) することが考えられるが、今回の計算結果にはそのような結果は得られなかった。一つには、現モデルでは成層圏の水蒸気量が観測に比べて少なく、この効果が出にくかったものと推察される。この現モデルの成層圏水蒸気量の過小は、モデルの熱帯域に存在する低温バイアスが原因で、ここで成層圏に流入する水蒸気量が著しく制限されているものと考えられる。今後のモデル開発の課題である。

