

研究課題名：化学-気候モデルによる温暖化の将来予測における対流圏オゾンと成層圏オゾンの役割評価

課題代表者：気象研究所 環境・応用気象研究部 柴田清孝
 共同研究者：気象研究所 環境・応用気象研究部 出牛真
 実施年度：平成 22 年度～平成 22 年度

1. 研究目的

オゾンは成層圏と対流圏で地球温暖化への放射効果は逆になっており、対流圏オゾンの増加は温暖化を促進するものとして、特にアジア域が原因となるものは、非常に懸念されている。一方、成層圏オゾンも放射効果を通して力学に作用し対流圏の気候に大きな影響を与えることが示されている。温暖化に伴い成層圏のブリューワー・ドブソン循環が強化(成層圏と対流圏の質量交換が促進)され、高濃度な成層圏オゾンの上部対流圏への輸送が増加し、また地表起源の大気汚染関連物質の下部成層圏への輸送が増加するので、これらが大気化学過程を変化させることが予想されている。この変化が全球的にどのような相互作用を通して対流圏や成層圏の気候に影響を与えるのかの評価するのが目的である。

2. 研究計画

化学-気候モデル検証 (CCMVal) の国際プロジェクトの枠組みで行われた成層圏オゾンの将来予測およびその気候への影響評価に参加した気象研究所の MRI-CCM1 に詳細な対流圏化学を組み込んだ MRI-CCM2 を使ってオゾンの影響を評価するものである。将来予測のシナリオは CCMVal のものを使うことで、すでに得られている CCMVal1 や CCMVal2 の結果と比較することを通して対流圏オゾンと成層圏オゾンのそれぞれの評価を行うものである。

3. 進捗状況

MRI-CCM2 は化学種の数や化学反応の数がそれぞれ 90、247 と MRI-CCM1 の約 2 倍になり、地表からの種々の人工的、自然的な化学種のエミッションも多くなり、化学を安定に解くため化学の CPU 時間が大幅に増加している。海面水温などの外部条件に 1990 年代の気候値を使ってモデルを積分した時の、スピンアップ後の約 10 年間の地表オゾンの気候値を図 1 に示す。春季 4 月は太陽が北半球にあるので、北半球亜熱帯から中緯度に高濃度域があり、それがアフリカ、ヨーロッパ、アジア、北米に帯状分布している。秋季 10 月は太陽が南半球へ移動するが、インドや中東ではなお高濃度オゾンがある。中央アフリカや亜熱帯付近のアフリ

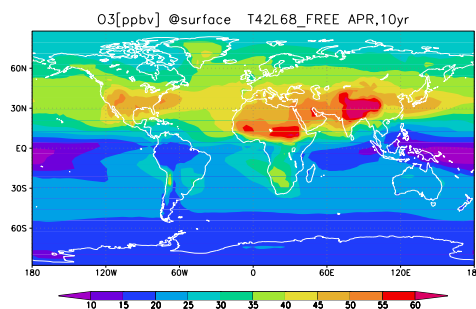


図 1a MRI-CCM2 でシミュレートされた 4 月の地表オゾンの分布 (単位は ppbv)。

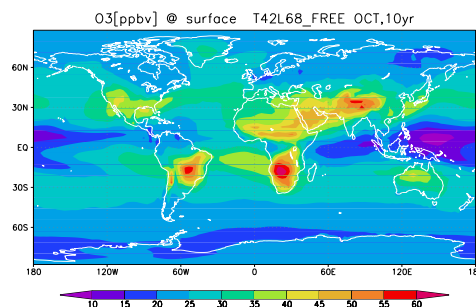


図 1b MRI-CCM2 でシミュレートされた 10 月の地表オゾンの分布 (単位は ppbv)。

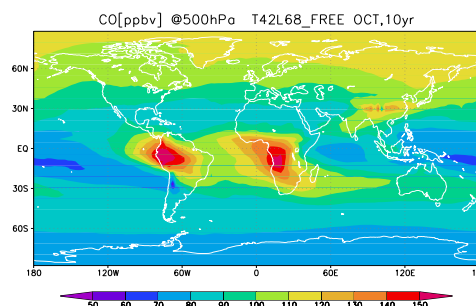


図 2 MRI-CCM2 でシミュレートされた 10 月の 500 hPa の一酸化炭素の分布 (単位は ppbv)。

カ、南米での高濃度域はバイオマス燃焼によるものである。対流圏中層 (500 hPa) で見ると、アフリカや南米での地表のバイオマス燃焼による高濃度 CO が東風で

西に輸送されているのが明瞭である。

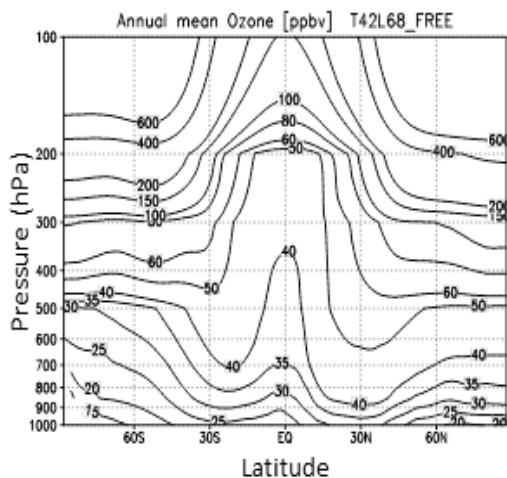


図 3 MRI-CCM2 でシミュレートされた年平均帯状平均オゾンの緯度-高度分布 (単位は ppbv)。

対流圏(1000-100 hPa)での年平均帯状平均オゾンの分布(図 3)は熱帯で強い上昇流により低濃度オゾンが対流圏上層へ伸びており、中緯度では成層圏の高濃度オゾンが侵入して来ている様相を現実的に再現している。成層圏化学がメインの化学-気候モデル MRI-CCM1 と比較すると対流圏のオゾン濃度は低くなっており、対流圏化学の導入は系統誤差を軽減する方向に働いていることを示している。大気場を観測の場にナッジングするランではより現実的な分布を示す(図省略)

4. 今後の計画

MRI-CCM1 の CCMVal2 の将来予測ランのリスタート条件と地表面のエミッションの両方を与えて、MRI-CCM2 を 2080 年から 2100 年の 20 年ほどを積分し、MRI-CCM1 と MRI-CCM2 の両ランを比較し、対流圏化学の影響を解析する。

5. 計算機資源の利用状況 (2010 年 4 月～9 月)

実行ユーザ数：1 CPU 時間 1 ノード未満：0 hr, 1 ノード：11,449 hrs, 2 ノード：0 hr, 計：11,449 hrs.

6. 昨年度研究課題のまとめ

6.1. 昨年度研究課題名

オゾン層破壊の長期変動要因の解析と将来予測に関する研究

6.2. 昨年度研究課題の目的

化学-気候モデルの複数のラン(アンサンブルラン)を行い、オゾン層の過去再現実験や将来予測実験にお

ける不確実性を減少させることを目的としている。

6.3. 昨年度研究課題の成果概要

過去再現(1960-2006)実験：REF-B1、過去再現-将来予測(1960-2100)実験：REF-B2 についてアンサンブル実験を行い、さらに、オゾン層破壊物質や温室効果気体の影響を調べるため、ハロゲン類を 1960 年代値に固定する過去再現-将来予測(1960-2100)実験：SCN-B2b、気候を 1960 年代値に固定する(温室効果気体濃度、海面水温、海氷を 1960 年代に固定、ただし季節サイクルはある)過去再現-将来予測(1960-2100)実験：SCN-B2c を行った。REF-B2(3 メンバー平均)や SCN-B2c では人為的なハロゲン類の経年変化に呼応して全球オゾンは 2000 年過ぎまで急激に減少し、以後はゆっくりと増加しているが、SCN-B2b では非常にゆっくりと減少している。これらのことは、オゾン全量では温室効果気体の増加による気候変化よりハロゲン類の影響ははるかに大きいことを示している。気候変化の影響は SCN-B2b の結果や REF-B2 と SCN-B2c の差で表れ、気候変化は全球オゾンを増やす方向に働く。

南極オゾンホールで見ると、ハロゲン類固定の SCN-B2b ではオゾン全量が 220DU 以下にならないのでオゾンホールは発生しない。SCN-B2b と REF-B2 を比較すると、年々変動はいずれのランでも同じ程度の大きさを示しており、全体的な変化傾向もよく似ている。オゾンホールの最大値は 2000 年付近であることが再現されており、これが消滅するのは 2070-2080 年である。また、温室効果気体増加による気候変化は影響が小さい。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数：1 CPU 時間 1 ノード未満：0 hr, 1 ノード：62,858 hrs, 2 ノード：0 hr, 計：62,858 hrs.