

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

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 21 年度～平成 21 年度

1. 研究目的

フロンガス等のオゾン層破壊物質の国際的な規制の結果として、種々の観測データの解析から成層圏オゾン減少のトレンドがストップしていたり、南極のオゾンホールが頭打ちになっていたりしている。今後の関心は、成層圏オゾンがいつごろ増加に転じ、また、南極オゾンホールがいつごろ消滅するかにある。しかし、個々の地域で成層圏オゾンがどのように推移するかは温室効果気体増加による地球温暖化が少なからぬ影響を与える。その評価のため気候モデルの温暖化実験で得られた海面水温の将来予測値や温室効果気体・オゾン層破壊物質の将来シナリオを使って、化学-気候モデルのランの国際比較がなされているが、ほとんどが単一のランであり、内部変動による不確実性の影響がなお大きく含まれている。本研究では、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。

2. 研究計画

国際的プロジェクトの化学-気候モデル検証活動 (CCM Validation) で定められた課題のシミュレーションを行う。強制力、シナリオの与え方、積分期間等が異なる種々のシミュレーションを行う。過去再現のランには全ての強制力が含まれているが、将来予測に関連したランには太陽 11 年変動は含まれておらず、火山エアロゾルはバックグランド値、年代固定ランの境界値や強制力は当該年を挟んだ 10 年平均値である。過去再現実験 (REF-B1)、過去再現-将来予測実験 (REF-B2) について初期値が異なるアンサンブル実験を行っている。ランの内訳は以下の通である。

- ・CTL-B0 (1960 年、積分 20 年以上)、過去気候再現。
- ・REF-B0 (2000 年、積分 20 年以上)、現在気候再現。
- ・REF-B1 (1960-2006)、過去再現。
- ・REF-B2 (1960-2100)、過去再現-将来予測。
- ・SCN-B2b (1960-2100)、過去再現-将来予測、ただし、オゾン破壊物質は 1960 年固定。
- ・SCN-B2c (1960-2100)、過去再現-将来予測、ただし、温室効果気体、海面水温は 1960 年固定。

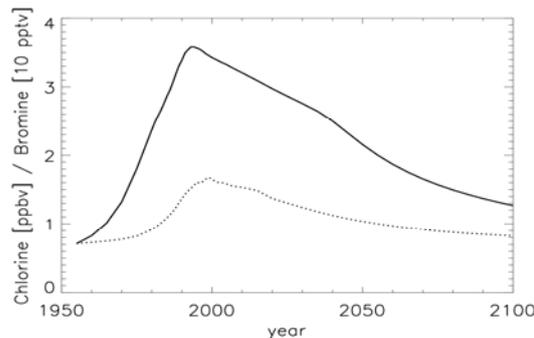


図 1 地表で与えた全塩素量(実線)と全臭素量(点線)の経年変化。

オゾンの経年変化に非常に大きな影響を与える地表でのフロン等のオゾン層破壊物質 (ODSs) の境界条件は過去の値は観測値に基づき、将来値は調整された (Adjusted) A1 シナリオに基づいて全球一様に与えた (図 1)。図から明らかなように地表の ODSs は 1950 年台から急激に増加し 1990 年代の半ばで最高値を取り、その後は緩やかに減少していく。

3. 進捗状況

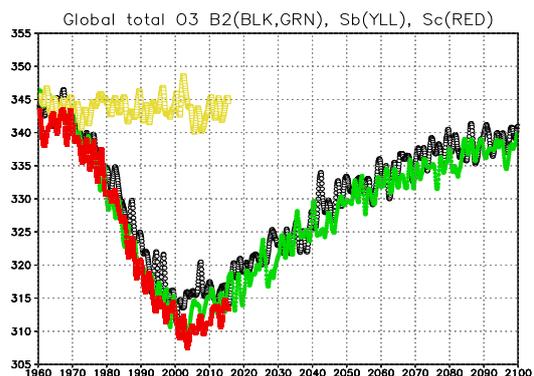


図 2 全球平均オゾン全量の経年変化。(黒、緑) REF-B2 ランの 2 メンバー；(赤) SCN-B2c、ただし 2015 年まで；(黄) SCN-B2b、ただし 2015 年まで。いずれも 12 カ月の移動平均を行っている。

今年度は複数のアンサンブル実験と感度実験としての SCN-B2b と SCN-B2c を行っている。後者の 2 つは

この原稿作成時点で得られている 2015 年までの結果である。図 2 に示すように、REF-B2 のメンバー間のオゾン全量の違いは、年々変動は勿論のこと、長期間の平均値も 4 ドブソン程度系統的に異なっており、さらに正確な評価にはさらにアンサンブルが必要なことを示している。REF-B2 の結果はオゾン層が最小になるのは 2000 年頃であることを示しており、地表の ODSs の最高値より 5 年程度遅れて成層圏に表れている。この遅れの程度はこれまでの見積もりと整合的である。

オゾン層が 1980 年の値に回復するのは 2060 年付近であり、これ以降も増加し続け、いわゆる、スーパーリカバリーが起こることを示している。これは温室効果気体の増加により対流圏の温暖化とは逆に成層圏では寒冷化が進行し続け、オゾン生成反応は温度に無関係であるが、オゾン破壊反応の反応係数の温度異存性のため、オゾンが減少することによるものである。

ODSs を 1960 年代に固定し温暖化による気候変化のみを与える SCN-B2b ランではオゾンは減少せず、また、気候を 1960 年代に固定し、ODSs は図 1 のように変化させる SCN-B2c では 2000 年頃まではほとんど REF-B2 を同じであるが、最小値の年は若干遅い。

4. 今後の計画

引き続き SCN-B2b、今 SCN-B2c のランを継続し、2100 年まで積分を行う。さらに、REF-B2 のもう 1 メンバーのランも 2100 年まで行う。その後、これらを解析・比較し、オゾン層の回復に与えるさまざまな要因を緯度帯や高度ごとに同定する。

5. 計算機資源の利用状況 (2009 年 4 月～9 月)

実行ユーザ数: 1 CPU 時間 1 ノード未満: 0 hour,
1 ノード: 31,655 hours, 2 ノード: 0 hour,
計: 31,655 hours

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

単一のメンバーしかなかった REF-B2 について、南極点に近い地点(880°S)における成層圏 50 hPa での総塩素量(Cly)とオゾン全量の帯状平均値の経年変化を調べた(図 3)。緑の線の最低値(の包絡線)がオゾンホール(の経年変化)を定性的に表している。オゾン全量は 2000 年ころまで急激に減少し、その後緩やかに回復していき、Cly が 1970 年付近から急激に増加し 2000 年ころに最大値の約 3 ppb を取った後、緩やかに減少している。一方、オゾン全量も 2000 年過ぎまで急速に減少し、それから反転して徐々に増加しており、Cly と非常に良い相関を示している。一方、北極では Cly の経年変化は南極と非常に良く似ているが、オゾン全量は、南極と異なり、2000 年以前でも非常に緩やかに減少しており(図省略)、力学の関与が大きいことを示している。

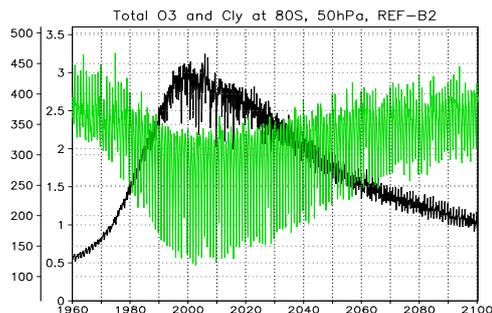


図 3 南極(80°S)におけるオゾン全量と総塩素量の経年変化(1960-2100年)。オゾン全量は緑線(目盛りは外側の縦軸、単位はドブソン(DU))、総塩素量(Cly)は黒線(目盛りは内側の縦軸、単位は ppbv)は帯状平均値である。

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: 3 hours,
1 ノード: 54,306 hours, 2 ノード: 0 hour,
計: 54,309 hours