

成層圏化学気候モデルによる塩素リザーバーの長期的な濃度変動の再現精度の向上について

*出牛真、柴田清孝（気象研）

1 はじめに

成層圏オゾンの予測を対象とした気象研究所の化学気候モデル(Chemistry-Climate Model, CCM)は、世界中のCCMが参加している検証活動(CCMVal)に参加し、現在再現実験(1980～2004年)と将来予測実験(1980～2050年)を行った(2006年度春季大会, B109)。気象研CCMが行った現在再現実験では、成層圏での塩素リザーバーの年々の増加が観測と比較して遅れており、このため将来予測実験で予測されたオゾンホール回復時期の精度を損なわせる結果となった(塩素リザーバーとは、人為的に排出されるクロロフルオロカーボンなどから成層圏で光化学的に生成されるHClやClONO₂などの長寿命化学種を指す)。今回の発表では、このような結果となった原因を究明し、モデルの改良をおこなうためにおこなった感度実験の結果について発表する。

2 長期的な濃度変動を再現する上での問題点

塩素リザーバーの長期にわたる濃度変動をCCMで精度よく再現するには、中層大気でのグローバルなスケールでの物質循環(ブリューワー・ドブソン循環)を十分な精度をもって再現することが要請される。CCMにおいてこの再現性を決定付けるのは、大気大循環モデル(GCM)がつくりだす大気場と、大気微量成分の連続の式を解く輸送計算である。

これらの再現精度を見極める上で一般的に重要とされている指標、たとえば平均気塊年代、EPフラックス、帯状平均した気温・東西風の季節進行などの検証は事前におこなっていた。しかし、これらの指標からだけでは前もってこの濃度増大の遅れを推測することはできなかった。この遅れをもたらす原因となっているプロセスを突き止めるためには、従来の指標では明らかになっていない部分を探る必要がある。そこで、原因となるプロセスに対して次に示すような仮説をとりあえず立て、その検証を感度実験によっておこなうことにした。

塩素リザーバーは、対流圏での湿潤沈着過程により系外へ出るが、この過程は大気中の総塩素量に対してほぼ唯一の消失源となっている。気象研CCMはこの消失過程が実際の大気よりも効果的に働いているため、成層圏での増加が観測と比較して遅れたと考えられる。つまり、成層圏から対流圏へ非可逆的に輸送される塩素リザーバーの量が実際の大気よりも著しく大きいと考えられる。このことは、中・高緯度における成層圏-対流圏交換の再現性のみにその原因が求められるということではなく、下部成層圏低緯度域と中緯度域における(数値)拡散的な物質交換や残差子午面輸送にもその原因が求められる。つまり、対流圏へと至る空気塊の輸送

経路の再現性が、塩素リザーバーの長期的な濃度変動の再現にとってもっとも重要であると推察される。このことは、たとえば平均年代気塊という従来の指標では「実際どのような経路をたどったのか?」という情報を捨象しているため検知できなかった。

3 感度実験

気象研究所の化学気候モデルMRI-CCM(Shibata et al., 2005)を用いて、いくつかの現在再現実験を新たにおこなった。先におこなっている現在再現実験と比較するために、新たにおこなった実験は、一部の実験条件のみ変更し、ほかは以前と同一の実験条件でおこなった。

おこなった実験は以下の通りである。

- ① 大気場を再解析ERA40でデータ同化する実験
- ② 輸送計算精度の向上を目的とした実験

4 結果

実験によって得られた、高度50hPa、80Sにおける塩素リザーバー(Cly)の濃度変動を図1に示す。大気場データ同化実験がもっともCly濃度の増加が早く、またその増加率が1990年代中頃から緩やかになっており、観測値と整合的である。また、データ同化なしでも輸送スキームを改善することによりCly濃度の増加率が大きくなっていることが分かる。

今後の予定として、このCly濃度変動の違いを生み出すプロセスの詳細な理解を求めて、成層圏にソース源をおいたトレーサ実験を各々の実験条件のもとでおこなう予定である。

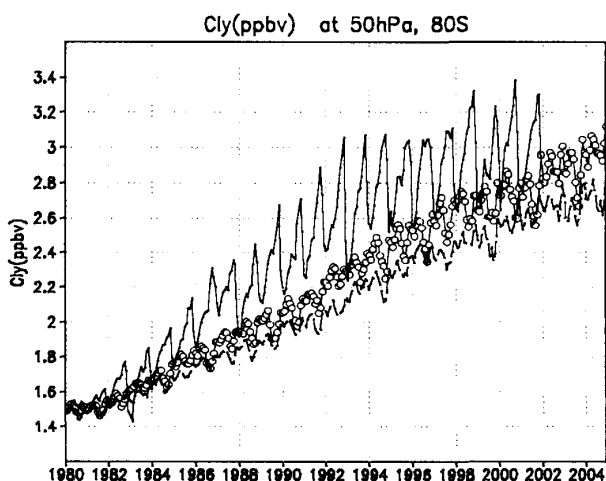


図1. 高度50hPa、80SにおけるCly濃度変動(ppbv)

実線：大気場データ同化実験

○：吉村スキーム内挿法改良(PRM法)実験(同化なし)

破線：コントロール実験