

北半球中高緯度域オゾン層破壊規模の塩素濃度および温室効果ガス濃度依存性

*秋吉英治¹・門脇正尚¹・山下陽介¹・今村隆史¹・野沢徹²
 (国立環境研究所¹・岡山大学大学院²)

はじめに

北極域大気は年々変動が激しいため、オゾン層破壊物質 (ODS) の影響あるいは温室効果ガス (GHG) のオゾン量への影響が見えにくい。また、将来地球が温暖化すると子午面循環の強化により北極域のオゾン量は増加することが考えられる一方で、成層圏の寒冷化により極成層圏雲 (PSC) の量が増加して塩素濃度が高い場合はオゾン破壊を引き起こしオゾン量が減ることも考えられる。このような複雑な北極域のオゾン層変化を明らかにするため、ODS 濃度が低い場合、高い場合、およびその中間くらいの場合を想定し、GHG 濃度と海水面温度を温暖化シナリオ上のある年の値に設定して 100 年間の定常計算を行い、ODS・GHG 濃度によって、100 アンサンブルの平均的な北半球中高緯度域でのオゾン層破壊頻度や、極端なオゾン層破壊の起こった年の頻度について調べた結果について示す。

化学気候モデルによる数値実験および解析

国立環境研究所の化学気候モデルを用い、以下の ODS と GHG の組み合わせで 110 年間の計算を行った。ODS 濃度は成層圏の濃度がほぼピークに達した 2000 年の値、人為的なハロゲンの影響がほとんどなかった 1960 年の値、オゾンホール発生から数年後の 1985 年値の値による実験を行った。また、GHG 濃度は RCP6.0 シナリオの 2000 年、2030 年、2050 年に設定した実験を行った。これらの年に対応する海水面温度および海氷面積としては、CMIP5 の MIROC-ESM による温暖化実験の結果を与えた。定常的な季節サイクルに落ち着いたと思われる 11 年目~110 年目の 100 年間に對して解析を行った。

ODS/GHG	1960 年	2030 年	2050 年
1960 年	①	②	③
1985 年	④	⑤	⑥
2000 年	⑦	⑧	⑨

なお、モデルでは ODS、GHG とも地表面濃度シナリオで与え、上部成層圏 (1~0.5hPa) の 1960 年レベルのグローバル平均・年平均 Cly は 0.87 ppbv、Bry は 11.0 pptv、1985 年レベルの Cly は 2.52 ppbv、Bry は 13.1 pptv、2000 年レベルの Cly は 3.29ppbv、Bry は 20.8 pptv である。また、RCP6.0 シナリオでの 2000 年、2030 年、2050 年の二酸化炭素濃度はそれぞれ、369ppmv、429ppmv、478ppmv である。

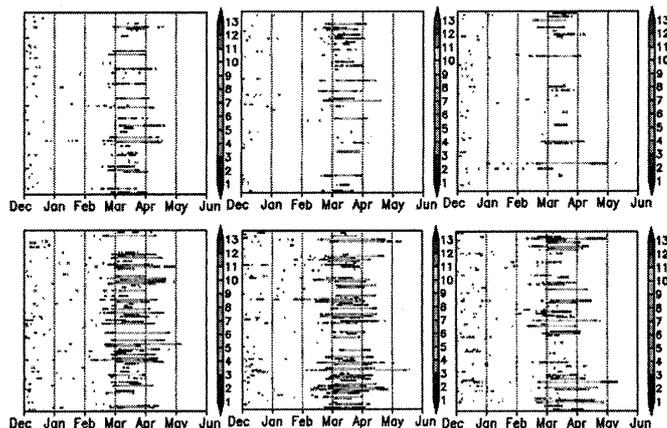
結果

図は、大気中の濃度が高い設定の実験⑦⑧⑨につ

いて、45N-90N の領域でオゾン全量が 220 DU 以下になった面積を 12 月-5 月の期間において色で示したものである。図の縦方向には 100 アンサンブルの結果を並べてあり、色が無い部分はオゾン全量が 220DU を下回らなかったことを示す。この結果から、アンサンブル全体としては、GHG 濃度が増加すると 220DU を下回る頻度が減少することがわかる。その一方で、GHG 濃度が増加するとオゾン全量が極端に低くその期間が増大する年が出現することがわかる。

また、GHG 濃度が増加した場合、子午面循環が強まり北極域下部成層圏の気温とオゾン濃度が上昇すること、それと同時に PSC とその元になる水蒸気や硝酸濃度も増加するという結果が得られ、上述の 220DU 以下の領域の出現頻度・規模の解析結果をある程度説明している。モデル計算で得られた将来の硝酸濃度の増加は、使用したシナリオの N₂O 濃度の増加と対応しているが、水蒸気の増加は、モデルの熱帯上部対流圏の気温上昇と対応しているものの、現在までの観測事実からその妥当性は不明であり、下部成層圏の水蒸気量の今後の動向はオゾン層の将来変化にとっても重要な要素の一つである。

また、塩素濃度をある程度低下させた場合には、GHG 濃度を増加させてもオゾン全量が極端に低くなる年が出現しなくなることが予想され、それを①~⑥の実験によって確認している。



12月-5月の期間における45N-90Nの領域でオゾン全量が220 DU 以下になった面積。縦方向はアンサンブルを表す。(左) 実験⑦、(中) 実験⑧、(右) 実験⑨の結果。下図は PSC の個数密度を増加させた実験 (同じ硝酸や水蒸気の凝縮量に対して粒径が小さく表面積が大きくなる) の結果。色の単位は百万平方キロメートル。

謝辞：本研究は環境省環境研究総合推進費【2-1303】により国立環境研究所スーパーコンピュータを用いて行われた。