

## 研究課題名：MIROC5 モデルをベースにした海洋結合化学気候モデルの開発

課題代表者：国立環境研究所地球環境研究センター 秋吉 英治  
 共同研究者：国立環境研究所地球環境研究センター 池田 恒平・高橋 正明  
 国立環境研究所地域環境研究センター 菅田 誠治  
 海洋研究開発機構 山下 陽介

実施年度：平成 28 年度～平成 30 年度

### 1. 研究目的

IPCC-AR5 で使われた MIROC5 モデルに化学過程を導入して、海洋結合型の MIROC5 化学気候モデルを開発する。過去の課題では、MIROC3.2 モデルに化学過程を導入して MIROC3.2 化学気候モデルの開発を行った。MIROC3.2 化学気候モデルは国際プロジェクト Chemistry Climate Model Initiative (CCMI) 推奨のシナリオ実験およびその感度実験に使われたが、海洋が結合されていないモデルであった。そのため、微量成分濃度変化と地表近くの対流圏下層の気候との関係や、微量成分濃度変化を介した大気-海洋相互作用を再現できない。オゾン層変動と気候との相互作用や微量成分濃度が介在する気候システムをより明確に理解し、温暖化を考慮したオゾン層対策に役立てるため、海洋結合型の化学気候モデルの開発を行う。

### 2. 研究計画

今年度は、MIROC5 化学気候モデルの海洋オフライン版（海水面温度と氷密度をデータとして外から与える）で、将来予測実験を行う。また、海洋を結合させたバージョンの開発を開始する。

### 3. 進捗状況

#### 3.1 MIROC5 化学気候モデルの開発

MIROC5 化学気候モデルの海洋オフライン版によって、オゾン層の将来予測実験を行った。地表面のオゾン層破壊物質(ODS)濃度はWMO-A1シナリオ、温室効果ガス(GHG)濃度はRCP6.0シナリオに沿って時間と共に変化させた。また、将来の海水面温度と氷密度については、MIROC5 大気海洋結合モデルによる RCP6.0 シナリオを使った温暖化実験結果のデータを与えた。

図1に、全球平均・年平均のオゾン全量の、1979年～1981年の3年間平均値からの差の時系列（1960年～2100年）を示す。1979年～1981年は、オゾンホールに代表される深刻なオゾン破壊が地球上で現れる直前と位置づけられる。図は1960年～2100年期間のオゾン全量の長期変化を、観測とモデルのそれぞれの1979年～1981年平均のオゾン全量をゼロ点にして見たものである。TOMS-OMIによるオゾン全量観測値は、2000年～2010年頃に最低値を示し、その後僅

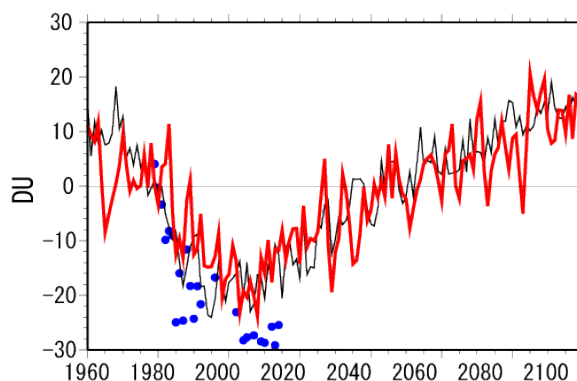


図 1. 年平均・グローバル平均のオゾン全量の時間変化。

1979-1981年の3年間の平均値からの相対値を示す。青丸は TOMS, OMI による観測値。赤線は、MIROC5 化学気候モデルによる ODS と GHG 濃度の将来シナリオを用いた計算結果。黒線は同一のシナリオを用いた MIROC3.2 化学気候モデルによる計算結果。

かに増加傾向を示している。MIROC5 化学気候モデルによる計算結果は、最低値は少し高いが同様な傾向を示しており、1979年～現在までの ODS の増減によるオゾン量変化をよく再現している。MIROC3.2 化学気候モデルの結果は2000年より少し前に最低値に達しており、最低値に達する時期が少し早すぎる。MIROC3.2、MIROC5 両化学気候モデルのオゾン全量の計算結果は、2010年頃までを底として、その後は増加に転じ、2050年頃に1980年レベルに達し、さらにその後も増加している。これは、フロン規制による ODS 濃度の減少と GHG 濃度の増加が反映されたものである。MIROC5 化学気候モデルの全球平均・年平均オゾン全量の年々変動は、MIROC3.2 化学気候モデルの結果に比べると大きく、これは、MIROC5 化学気候モデルの力学の内部変動が MIROC3.2 化学気候モデルに比べて大きいことを表している。

#### 3.2 5.4g, MIROC3.2, MIROC5 化学気候モデルの北半球中高緯度域オゾン量の GHG 濃度依存性

北半球中高緯度域のオゾン量の GHG 濃度依存性を調べるため、これまでに開発を行った3つの化学気候モデルについて、ODS 濃度を2000年レベルの高い値

に固定し、GHG 濃度を RCP6.0 シナリオの 2000 年レベル、2030 年レベル、2050 年レベルに固定した実験を行った。北半球中高緯度域のオゾン量は年々変動が大きいため、単一の実験からその有意性を得ることは難しい。よって、設定したそれぞれの GHG 濃度について 100 アンサンブル実験を行った。海水面温度や海氷密度は、対応する年のデータを使った。

結果の解析は、まず、北半球中高緯度域 (45-90N) でオゾン破壊が起こる 3 月—4 月の期間のオゾン全量最低値を調べた。しかしながらこの方法では、GHG 濃度依存性ははっきりしなかった。そこで、3 月—4 月の期間でオゾン全量が閾値以下となる面積 (5.4g モデルでは 240 DU 以下、MIROC3.2 では 220 DU 以下、MIROC5 モデルでは 230 DU 以下) を計算した。閾値の違いはそれぞれのモデルの北半球中高緯度域のオゾン全量の違いを反映している。その結果、北半球中高緯度域では、GHG 濃度の増加に伴って、アンサンブル平均的にはオゾン全量が増加するが、それによって、極端にオゾン全量が低くそれが長時間持続するような事例 (アンサンブル) は少なくなるわけではなく、依然存在し続けることがわかった。MIROC3.2 化学気候モデルの結果は GHG 濃度が 2000 年レベル→2030 年レベル→2050 年レベルと増加するにつれて、極端なオゾン破壊の規模または極端なオゾン破壊を示すアンサンブル数は若干増加傾向を示し、一方、MIROC5 化学気候モデルの結果は、GHG 濃度 2030 年レベルが最大規模という結果を示した。また、5.4g モデルの結果からは GHG 濃度依存性が見られなかった。これらのモデルによる GHG 濃度依存性の違いは、北半球中高緯度域への子午面循環が弱いモデルほど、GHG 濃度依存性がよりはっきり現れることを示唆している。

(MIROC3.2 化学気候モデルの北極への子午面循環は、5.4g、MIROC5 化学気候モデルに比べて弱い。)

#### 4. 今後の計画

開発した海洋オフライン版の MIROC5 化学気候モデルに海洋モデルを結合し、海洋結合型 MIROC5 化学気候モデルの開発を行う。このモデルを使って、CCMI 推奨の ODS や GHG の地表面濃度シナリオを使った将来予測実験とそれに対する感度実験 (ハロゲン濃度固定実験、温室効果ガス濃度固定実験、World-avoided 実験等) を行い、海洋を結合していなかった MIROC3.2 化学気候モデルによる実験結果と比較しながら、微量成分濃度変化が海洋を介して気候と相互作用するプロセスを考察する。

#### 5. 昨年度終了研究課題名

MIROC5 モデルをベースにした海洋結合化学気候モデルの開発

#### 6. 計算機資源の利用状況 (2016 年 10 月 1 日～2017 年 11 月 30 日)

実行ユーザ数: 5

CPU 時間 v\_deb: 0.00 hours, v\_32cpu: 874,461.09 hours, v\_96cpu: 16,603.38 hours, v\_160cpu: 0.00 hours, 計: 891,064.47 hours