

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19340138

研究課題名 (和文) 亜酸化窒素濃度分布を介した北極域オゾン層の長期変動に関する研究

研究課題名 (英文) A study on the long-term variation of the Arctic ozone layer through the N₂O concentration distribution

研究代表者

秋吉 英治 (AKIYOSHI HIDEHARU)

独立行政法人国立環境研究所・大気圏環境研究領域・主任研究員

研究者番号：80211697

研究代表者の専門分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：亜酸化窒素、オゾン、成層圏、気候変動、化学モデル

1. 研究計画の概要

極域オゾン濃度の年々変動は、オゾンの化学破壊の年々変動と、オゾン輸送の年々変動の、両方の影響を受ける。そこで、この両方の過程に関係する、オゾン濃度、亜酸化窒素濃度、気温、大気大循環 (子午面循環)、化学オゾン破壊率などの量的関係を調べ、オゾンの化学破壊の年々変動と輸送の年々変動を分離して理解することが本研究のポイントである。成層圏の大気波動活動の年々変動によって引き起こされた上述の要素の年々変動の因果関係および量的関係を数十年にわたるモデル計算結果と衛星観測データを解析し、明らかにしていくことが本研究の目的である。それによって、複雑な北極域オゾン変動に関して力学的にコントロールされている部分と化学的にコントロールされている部分とをある程度分離することが可能となり、それはまた、北極域オゾン層破壊の将来予測の不確定性の縮小につながる。

この目的達成のために、以下を行う。

(1) 1979～2002 年について、再解析データ (ERA40)の気温、東西風速、南北風速を、化学気候モデルにナッジングという手法で同化し、北極渦崩壊時期と北半球中・高緯度下部成層圏の亜酸化窒素濃度の年々変動の関係を調べる。

(2) 1979～2100 年までの過去から将来にわたる期間について、温室効果ガスおよびハロゲンガス濃度のシナリオと化学気候モデルを用いた、気象要素 (気温、風速など)、微量成分濃度 (オゾン、亜酸化窒素濃度など)、オゾンの化学破壊速度の計算

(3) (2)の実験について、平均子午面循環 (残

差循環)、EP-flux、亜酸化窒素濃度など、オゾンの輸送とそれを引き起こす要因および結果に関する解析、また、気温やオゾンの化学破壊速度など、オゾンの化学的な破壊に関連する解析

(4)解析された力学量・化学量と北極域オゾンおよび亜酸化窒素濃度の年々変動に関して統一的な見解を得る。

2. 研究の進捗状況

まず、1979～2002 年について、再解析データ (ERA40)の気温、東西風速、南北風速を、化学気候モデルにナッジングという手法で同化し、北極渦崩壊時期と北半球中・高緯度下部成層圏の亜酸化窒素濃度の年々変動の関係を調べた。その結果、北極渦崩壊時期の早い年は、初冬から春にかけて北半球中高緯度で下降流が強く、この領域全体の亜酸化窒素濃度は低くなる傾向があることがわかった。一方、極渦崩壊の遅い年は下降流が相対的に弱く、亜酸化窒素濃度は高くなる傾向になることがわかった。これらは、亜酸化窒素の鉛直分布 (上層ほど濃度が低い) に関係している。また、領域を極渦内に限ってみると、鉛直流だけでなく、水平混合も重要になってくることがわかった。

次に、1979～2100 年までの過去から将来にわたる期間について、温室効果ガスおよびハロゲンガス濃度のシナリオと化学気候モデルを用いた計算および解析を行い同様な解析を行った。その結果、1980 年～2100 年に対しても同様な違いがみられることがわかった。すなわち、北極渦崩壊時期の早い年は、初冬から早春にかけての北極渦崩壊時

期の前後を含む期間で、北半球中高緯度全体としてみると下部成層圏の N₂O 濃度が大きく減少していた。これらの年は、EP-flux や残差循環の大きさも大きくなっており、これは、北半球のプラネタリー波の活動が活発で、それに伴って、中高緯度で下降流が強まったためである。一方、北極渦崩壊時期の遅い年には、EP-flux や残差循環の大きさが比較的小さく、従って、プラネタリー波の活動が低く、それに伴う下降流も弱いので、このような N₂O 濃度の急激な減少は見られなかった。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。
(理由)

1. で示した研究計画の概要の(1)~(3)をほぼ終えた。

4. 今後の研究の推進方策

(1) これまでの計算結果およびその解析結果をもとに、過去から未来にかけての全期間について、亜酸化窒素濃度や子午面循環・大気の波動活動などの力学指標を導入して過去の年を力学状態によって分類した場合に、北極域のオゾン濃度と大気中のフロンとハロン量との相関が、よくなるかどうかを最終的に結論づける。

(2) 気温、亜酸化窒素濃度、子午面循環、波動フラックスおよびその収束・発散、対流圏気象場と北極域オゾンの年々変動に関する統一的な見解を得る。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)

- ① Nakamura, T., H. Akiyoshi, and Y. Yamashita (2009), Influence of lower stratospheric ozone variation on tropospheric temperature and mean meridional circulation in the Northern Hemisphere summer, *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L14701, doi:10.1029/2009GL038563, 査読有。
- ② Akiyoshi, H., L. B. Zhou, Y. Yamashita, K. Sakamoto, M. Yoshiki, T. Nagashima, M. Takahashi, J. Kurokawa, M. Takigawa, and T. Imamura (2009), A CCM simulation of the breakup of the Antarctic polar vortex in the years 1980-2004 under the CCMVal scenarios, *J. Geophys. Res.*, **114**, D03103, doi:10.1029/2007JD009261, 査読有。
- ③ Son, S.-W., L. M. Polvani, D. W. Waugh, H. Akiyoshi, R. Garcia, D. Kinnison, S. Pawson, E. Rozanov, T. G. Shepherd, K. Shibata (2008), The impact of stratospheric ozone recovery on the southern hemisphere westerly jet, *Science*, **320**(5882), 1486-1489,

doi:10.1126/science.1155939, 査読有。

- ④ Akiyoshi, H. and L. B. Zhou (2007), Midlatitude and high-latitude N₂O distributions in the Northern Hemisphere in early and late Arctic polar vortex breakup years, *J. Geophys. Res.*, **112**, D18305, doi:10.1029/2007JD008491, 査読有。

[学会発表] (計 11 件)

- ① 秋吉英治, L. B. Zhou, 北半球中高緯度および北極渦内下部成層圏 N₂O 濃度と北極渦崩壊時期, 日本気象学会, 東京, 2007 年 5 月 14 日; 2007 年度春季大会講演予稿集(91), p.145
- ② 秋吉英治, L. B. Zhou, 下部成層圏における亜酸化窒素濃度、オゾン全量、極渦崩壊時期の年々変動とその相関関係, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 千葉 (幕張メッセ国際会議場), 2008 年 5 月 29 日; 日本地球惑星科学連合 2008 年大会予稿集 CD-ROM, F207-008

[図書] (計 1 件)

- ① 秋吉英治, Q8 オゾン層破壊が温暖化の原因?, 気象ブックス 026 ココが知りたい地球温暖化, (独) 国立環境研究所地球環境研究センター, 成山堂書店, 182p.p., ISBN978-4-425-55251-1