

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：82109

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24740325

研究課題名(和文) アジアモンスーンが成層圏 - 対流圏化学結合に果たす主導的役割の解明

研究課題名(英文) Study on the leading role of the Asian monsoon circulation in the stratosphere-troposphere chemistry coupling

研究代表者

出牛 真 (Deushi, Makoto)

気象庁気象研究所・環境・応用気象研究部・主任研究官

研究者番号：00354499

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)： 全球化学輸送モデルのシミュレーションと航空機・ゾンデ観測を組み合わせ、アジアモンスーン循環がインド上空における物質輸送過程に与える影響を、その年々変動とともに明らかにした。

また、等温位面の質量重み付き帯状平均を用いた解析をおこない、大気中の一酸化炭素のグローバルな輸送収支を平均子午面輸送・渦輸送・積雲鉛直輸送のそれぞれからの寄与を分離して評価した。北半球亜熱帯域の上部対流圏から下部成層圏においては夏季アジアモンスーン循環によって高気圧性循環が形成されるが、その領域では平均子午面輸送による一酸化炭素の収束が卓越している事がわかった。

研究成果の概要(英文)： Influences of the Asian monsoon circulation on transport processes of trace gases over India and their year-to-year variabilities are investigated, using a global chemical transport model and aircraft and sonde observations.

Using the diagnosis of mass weighted isentropic zonal means, budget analysis of carbon monoxide in the atmosphere are performed to clarify mean transport, mixing, and vertical convective transport. We found that convergence of carbon monoxide due to mean transport are dominant in the anticyclonic circulation formed over the northern sub-tropics in the upper troposphere and the lower stratosphere during the boreal summer,

研究分野：大気化学

キーワード：物質輸送 アジアモンスーン循環 成層圏 - 対流圏交換 化学輸送モデル

1. 研究開始当初の背景

アジアモンスーン循環は対流圏における大気微量成分の輸送過程において重要な役割を果たしていることはこれまで多数の研究で指摘されてきた。一方、成層圏-対流圏における物質交換過程において果たす役割についてはこれまでほとんど注目されてこなかった。しかし近年の研究において、アジアモンスーンによって上部対流圏に形成された高気圧性循環が成層圏への物質輸送の主要な「入口」となり、対流圏-成層圏物質交換過程において主導的な役割を果たしている可能性が示唆されている。

しかしながら、未だこの物質交換過程についての定量的な理解は得られておらず、また化学的に不活性な大気微量成分の輸送過程のみに着目して行われているため化学的影響も含めたメカニズムの理解には至っていない。

2. 研究の目的

本研究では、アジアモンスーン循環が成層圏-対流圏の物質輸送過程に果たしている主導的な役割を、気象研究所の全球化学輸送モデルを中心とした種々の数値モデルと航空機・現地観測などを用いて明らかにする。特に、夏季アジアモンスーン域の対流活動によって、上部対流圏あるいは下部成層圏へ急速に鉛直輸送される大気微量成分について定量的な解明をおこなう。

また、アジアモンスーンによって上部対流圏に形成される高気圧偏差による対流圏から成層圏への物質輸送過程を解析し、それぞれの大気環境場へ及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

大気中の詳細な化学反応過程や輸送・沈着過程などをシミュレートできる水平解像度が約 100km の気象研究所全球化学輸送モデルを用いて、2006～2010 年の期間について過去再現実験を行った。この数値実験データについて、種々の観測データを用いて比較検証を行った。検証に用いた観測データは、グローバルに展開されている一酸化炭素とオゾンの地上観測データおよび、衛星観測データなどである。

特に、インド上空においては、対流活動による輸送過程を詳細に解析するために、航空機観測やオゾンゾンデ観測などの鉛直分布について詳細な情報を持つ観測データとの比較検証を行い、アジアモンスーン循環との関連性を詳細に解析した。

上記の通り精度検証をおこなった数値実験データを用いて、モンスーン循環系における大気運動量収支およびオゾンや一酸化炭素の輸送収支を統一的に解析した。この解析により、アジアモンスーンによって上部対流

圏に形成される高気圧性循環が対流圏から成層圏への物質輸送過程に果たしている役割を、平均的な子午面輸送と渦輸送に分離して定量的に評価した。

4. 研究成果

本研究で実施した高解像度モデルによる過去再現実験結果を、インドのハイデラバード上空の MOZAIC 航空機観測データを用いて比較検証を行った (図 1)。

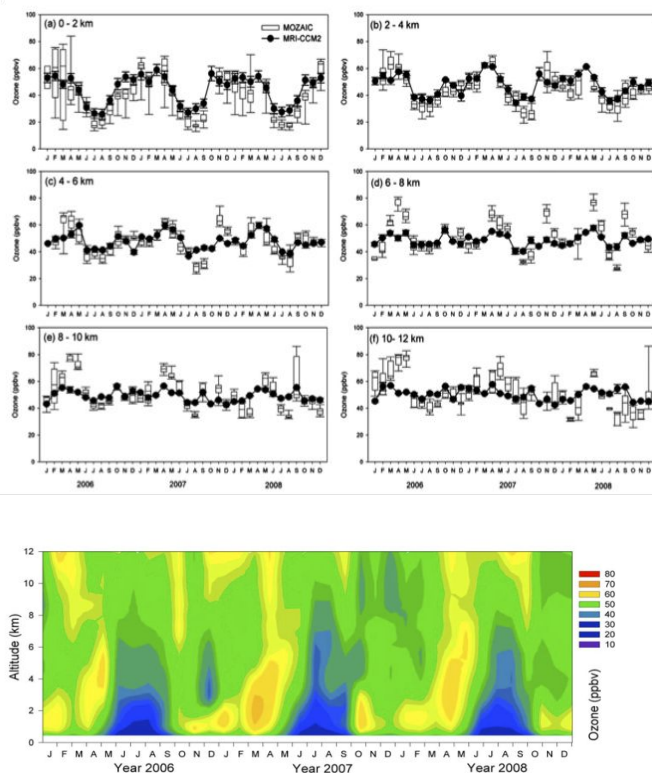


図 1. 2006～2008 年のハイデラバード上空の月平均オゾン濃度。(上段) 各高度における MOZAIC 観測データと気象研全球化学輸送モデルシミュレーションの比較。(下段) 高度-時間断面図。([雑誌論文] から抜粋)

これら比較結果から、モデルシミュレーションは現実的な季節変動や年々変動を比較的良く再現していることが示された。なお図には示さないが、地上観測や衛星観測との比較においてもオゾンや一酸化炭素の観測された季節変動をモデルシミュレーションは良く再現していることを確認している。

また、このモデルシミュレーション結果と各種観測データを用いた解析により、プレモンスーン期におけるオゾンの年々変動は大きく (～30ppbv) その年々変動の要因は主にエルニーニョ (2006 年) からラニーニャ (2008 年) への遷移によるモンスーン循環の変動によることを明らかにした。

さらにモンスーン期およびポストモンス

ーン期における上部対流圏の低オゾンは深い対流によるものであることも明らかにし、同様の解析を一酸化炭素についても行った〔雑誌論文〕。インド上空におけるオゾンや一酸化炭素の鉛直分布について、季節変化のみならずその年々変動について観測と数値モデルの両面から明らかにした研究例は極めて少なく本研究の重要な成果であるといえる。

次に、同モデルシミュレーション結果について等温位面の質量重み付き帯状平均手法を用いた解析をおこなうことで、大気中の一酸化炭素のグローバルな輸送収支を平均子午面輸送・渦輸送・積雲鉛直輸送のそれぞれからの寄与を分離して評価した(図2)。

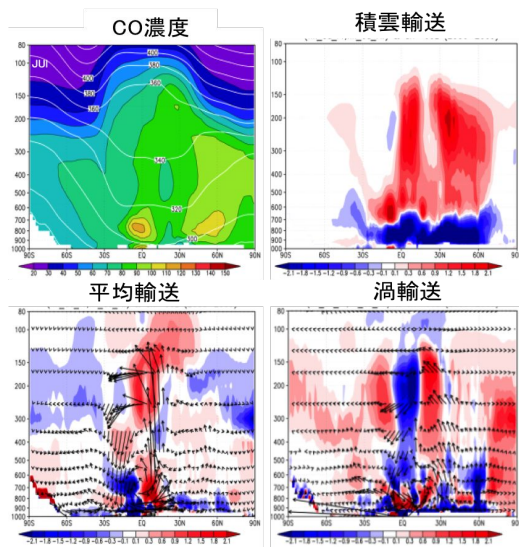


図2.(上段)(左図)7月における帯状平均一酸化炭素濃度(ppbv)の緯度-高度断面図。5年間平均値(期間2006~2010年)。(右図)積雲鉛直輸送による一酸化炭素の収束・発散量(赤色が収束、青色が発散を示す)(下段)(左図)平均子午面輸送量(ベクトル)とその収束・発散量(シェイド)。(右図)渦輸送量とその収束・発散量。

この輸送収支解析から、北半球夏季の対流圏においては特に熱帯域と北半球中緯度域において積雲鉛直輸送が卓越していることがわかる。一方、北半球亜熱帯域の上部対流圏から下部成層圏において形成される高気圧性循環領域においては、平均子午面輸送による一酸化炭素の収束が卓越している事がわかった。また、同領域では渦輸送による発散が生じている。これらの解析から、特にアジアモンスーンによって形成される高気圧性循環が対流圏から成層圏への物質輸送の主要な輸送経路となっており、その主体は平均子午面輸送であることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(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8件)

査読有りの論文(計8件)について、以下に記載する。

Hoshika, Y., G. Katata, M. Deushi, M. Watanabe, T. Koike and E. Paolett, Ozone-induced stomatal sluggishness changes carbon and water balance of temperate deciduous forests, *Scientific Reports*, SREP-14-07998A, in press.

Sheel, V., L. K. Sahu, M. Kajino, M. Deushi, O. Stein, and P. Nedelec, Seasonal and interannual variability of carbon monoxide based on MOZAIC observations, MACC reanalysis, and model simulations over an urban site in India, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 9123-9141, doi:10.1002/2013JD021425, 2014.

Sahu, L. K., V. Sheel, M. Kajino, M. Deushi, S. S. Gunthe, P. R. Sinha, B. Sauvage, V. Thouret, and H. G. Smit, Seasonal and interannual variability of tropospheric ozone over an urban site in India: A study based on MOZAIC and CCM vertical profiles over Hyderabad, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 3615-3641, doi:10.1002/2013JD021215, 2014.

Uchino, O., T. Sakai, T. Nagai, I. Morino, T. Maki, M. Deushi, K. Shibata, M. Kajino, T. Kawasaki, T. Akaho, S. Takubo, H. Okumura, K. Arai, M. Nakazato, T. Matsunaga, T. Yokota, S. Kawakami, K. Kita, and Y. Sasano, DIAL measurement of lower tropospheric ozone over Saga (33.24° N, 130.29° E), Japan, and comparison with a chemistry-climate model, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 1385-1394, doi:10.5194/amt-7-1385-2014, 2014.

Adachi, Y., S. Yukimoto, M. Deushi, A. Obata, H. Nakano, T. Y. Tanaka, M. Hosaka, T. Sakami, H. Yoshimura, M. Hirabara, E. Shindo, H. Tsujino, R. Mizuta, S. Yabu, T. Koshiro, T. Ose, and A. Kitoh, Basic performance of a new earth system model of the Meteorological Research Institute (MRI-ESM1), *Papers in Meteorology and Geophysics*, 64, 1-19, doi:10.2467/mripapers.64.1, 2013

Nakamura, T., H. Akiyoshi, M. Deushi, K. Miyazaki, C. Kobayashi, K. Shibata, and T. Iwasaki, A multimodel comparison of stratospheric ozone data assimilation based on an ensemble Kalman filter approach, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 3848-3868, doi:10.1002/jgrd.50338, 2013.

Kajino, M., M. Deushi, T. Maki, N. Oshima, Y. Inomata, K. Sato, T. Ohizumi,

and H. Ueda, Modeling wet deposition and concentration of inorganics over Northeast Asia with MRI-PM/c, *Geosci. Model Dev.*, 5, 1363-1375, doi:10.5194/gmd-5-1363-2012, 2012.

Kajino, M., Y. Inomata, K. Sato, H. Ueda, Z. Han, J. An, G. Katata, M. Deushi, T. Maki, N. Oshima, J. Kurokawa, T. Ohara, A. Takami, and S. Hatakeyama, Development of the RAQM2 aerosol chemical transport model and predictions of the Northeast Asian aerosol mass, size, chemistry, and mixing type, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 11,833-11,856, doi:10.5194/acp-12-11833-2012, 2012.

〔学会発表〕(計8件)

研究代表者による発表分(計8件)についてのみ、以下に記載する。

M. Deushi, Y. Adachi, A. Obata, and T. Y. Tanaka, Impact of a super-volcanic eruption on general circulation and chemistry in the middle atmosphere, 95th American Meteorological Society Annual Meeting, January 5, 2015, Phoenix, USA.

出生真, 巨大火山噴火が中層大気の大循環・化学過程へ及ぼす影響、環境研究機関連絡会第12回環境研究シンポジウム, 2014年11月18日, 東京都。

M. Deushi and N. Oshima, Diagnosis of Meridional Carbon Monoxide Transport in the Troposphere, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting, July 31, 2014, Sapporo, Japan.

出生真, 梶野瑞王, 青柳曉典, 橋本明弘, オンライン領域化学輸送モデル(NHM-Chem)の開発, 日本気象学会2013年度秋季大会, 2013年11月19日, 仙台市。

M. Deushi and K. Shibata, Impacts of ozone recovery and increase in greenhouse gases on the lower stratospheric mean transport and eddy mixing, Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly 2013, July 9, 2013, Davos, Switzerland.

出生真, 柴田清孝, 温室効果の増加およびオゾン層の破壊と回復がブリューワー・ドブソン循環に与える影響, 日本地球惑星科学連合大会2013, 2013年5月20日, 千葉市。

Deushi, M., C. Kobayasho, T. Nakamura, and K. Shibata, Evaluation of the effects of stratospheric ozone and related chemical species assimilation, and their impacts on the predictability of ozone, American Geophysical Union's 2012 annual Fall Meeting, December 3, 2012, San Francisco, USA.

出生真, 小林ちあき, 中村哲, 柴田清孝, 成層圏オゾンのデータ同化とハインドキャスト実験, 日本気象学会2012年度秋季大会, 2012年10月3日, 札幌市。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

出生真 (DEUSHI, Makoto)

気象庁気象研究所・環境・応用気象研究部・主任研究官

研究者番号: 00354499