

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年3月31日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540454

研究課題名（和文） 衛星観測等の複合利用による対流圏微量成分の広域分布解析の研究

研究課題名（英文） Analysis on tropospheric distribution of minor species by combined use of multiple satellite datasets

研究代表者 林田 佐智子 (HAYASHIDA SACHIKO)

奈良女子大学・理学部・教授

研究者番号：70180982

研究成果の概要（和文）：

本研究では、衛星で観測された対流圏オゾン(気柱量)とその前駆物質の広域的分布を気象データと比較しながら総合的に解析し、その結果を大気化学輸送モデルの結果と比較した。東アジアにおいて強いオゾン増加が観測され、その季節的特性が解明された。観測される高濃度オゾンの原因として、亜熱帯ジェット近くにおける成層圏からの流入、東南アジアのバイオマス燃焼由来、中国などの都市部からの発生影響が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

We analyzed tropospheric ozone observed from space over East Asia, and revealed that the observed enhancement of ozone can be attributed to both the intrusion from the stratosphere and photochemical production in the troposphere.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：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：地球温暖化、越境汚染

1. 研究開始当初の背景

(1)アジアの急激な経済発展と大気汚染物質の放出

アジア域、特にインドや中国、東南アジアの発展途上国においては、近年の産業・交通などの人間活動の飛躍的進展により、大量の汚染物質を大気中に排出しつつある。あるいは、焼き畑農業による大規模な森林火災・乾期の山火事など「バイオマスバーニング」による大気汚染物質の排出も深刻である。大気

中に放出される汚染物質のうち、窒素酸化物(NO_2 など)、一酸化炭素(CO)、炭化水素類は対流圏においてオゾン前駆物質として働き、光化学反応によって地表付近の大気中オゾンを増加させる。発生したオゾンは、その場での人間への健康影響や農作物への被害といった局所的影響のみならず、越境汚染を引き起こし、さらには地球規模で温室効果気体として地球温暖化に影響する。IPCC AR4(2007)によれば対流圏オゾンの温暖化影響は二酸化炭素、

メタンに次いで第三位と評価されている。

(2)大気微量成分分布の衛星観測の発展

過去十数年間に人工衛星からの対流圏微量成分の観測的研究は大きな飛躍を遂げた。1996年にERS-2に搭載されたセンサーGOME¹⁾は、NO₂がヨーロッパや中国、北アメリカから広範囲に流出する様子を明らかにした。中国から放出されるNO₂量に顕著な増加傾向があることも報告されている。また、2002年にENVISAT衛星に搭載されたSCIAMACHY²⁾(SCIAと略記)、さらに2004年7月アメリカのEOS-Auraが打ち上げられ、OMI³⁾、MLS⁴⁾、TES⁵⁾の運用が開始された。本研究開始時期は、衛星データを活用した対流圏微量成分の解析を行うための機が熟していた時期であった。

[注] ¹⁾ Global Ozone Monitoring Experiment, ²⁾ Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography, ³⁾ Ozone Monitoring Instrument, ⁴⁾ Microwave Limb Sounder, ⁵⁾ Tropospheric Emission Spectrometer

2. 研究の目的

本研究では、オゾンとその前駆物質である対流圏微量成分の広域的分布と動態解明を東アジアに特化して行い、東アジアのオゾン分布変動の原因特定を行う。衛星からの観測データを活用し、また大気化学モデルを援用することで、オゾンとそのオゾン前駆物質の広域的、連続的な動態解明と原因特定を行う。

3. 研究の方法

(1)対流圏大気微量成分衛星データの収集と微量成分の分布解析

ハーバード大学の協力を得て、GOMEセンサーから導出された対流圏オゾンデータを取得し、解析する。また公開データである種々の対流圏大気微量成分の衛星観測データを解析し、その関連を調べる。

(2)オゾンゾンデ、MOZAIC、ライダー観測データなどの収集と解析

気象庁オゾンゾンデ観測データ、民間航空機観測プロジェクトMOZAICによるオゾン観測データ、連携研究者の中里真久氏(気象研)から提供されたオゾンライダーデータを解析し、オゾン高度分布の時空間変動を解析する。

(3)気象データとの比較解析

オゾン高濃度ベルト(E-TCOベルト)とジェット気流、モンスーンの関連を解析する。

(4)流跡線解析

時間・空間分解能に優れた新しい気象データセットに対応できるように流跡線解析ツールSPIRALを改良し、オゾン高濃度領域と前駆

物質発生との関連を調べる。

(5)大気化学輸送モデルを用いたタグ付きトレーサー実験との比較解析

研究協力者の永島達也氏(国立環境研)の協力を得て、大気化学輸送モデルCHASERのタグ付きトレーサー実験の結果と比較する。

4. 研究成果

(1)衛星から観測された対流圏オゾン分布の変動解析

Hayashida et al. [2008]では、東アジアにおける対流圏オゾンデータを1995年から2003年まで解析し、高濃度対流圏オゾンの帯(Enhanced Tropospheric Column Ozone belt: E-TCO belt)が中緯度で季節的な変動をもって観測されることを示した。この解析を進展させ、OMIとMLSから得られた対流圏オゾン気柱量データを解析に追加した。これによって、2009年までの期間で同様の変動が確認された(図1)。

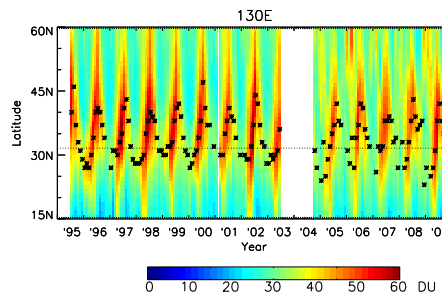


図1

東経130度における対流圏オゾン気柱量の時間高度断面図。

1995年から2003年まではGOMEセンサーから、2004年から2009年まではOMIとMLSから得られたデータである。破線は鹿児島島の緯度に相当する(Nakatani et al., 2012)。

この高濃度発生に対する成層圏オゾン流入の影響を明らかにするため、亜熱帯ジェット気流とE-TCO beltの位置に着目した解析を行った。その結果、亜熱帯ジェット気流と高濃度ベルトの位置には極めて良い対応があることが見いだされた。さらにオゾンゾンデの高度分布観測データから対流圏オゾンの高度分布と気象条件との対応を解析し、東アジアでは、境界層におけるオゾン発生と成層圏からの流入の双方の影響があることを示した。

観測された現象の定量的理解のため、連携研究者の永島達也氏の協力を得て、タグ付きトレーサー実験の結果と衛星データの解析結果との比較を行った結果、成層圏起源、対流圏起源オゾンの両者の定量的推定が可能になった。図2にその結果を示す。

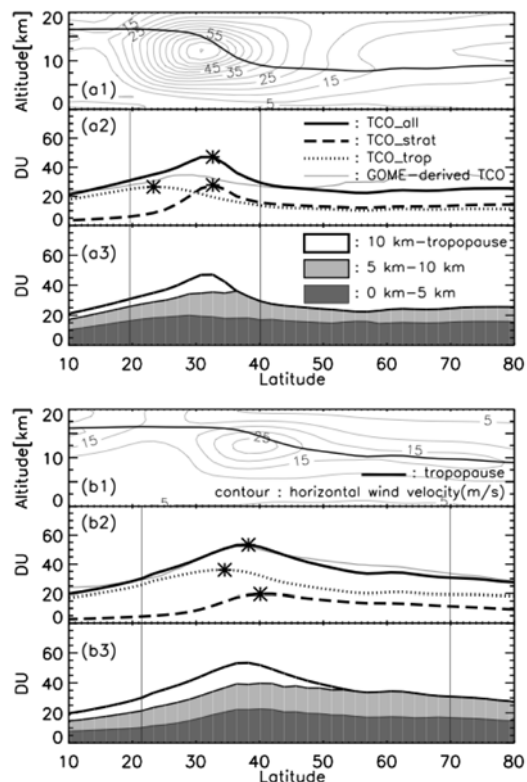


図 2

(上図) (a1) (a2) (a3) はそれぞれ東経112度から131度の範囲で平均された、2000年から2005年までの冬期(12、1、2月)の平均値を示す。(a1) 圏界面高度の緯度高度断面図(太実線)と水平風の等値線(細実線)。(a2) 起源ごとに分類して示した対流圏オゾン気柱量の緯度断面。破線は成層圏起源、点線は対流圏起源、黒太実線は両者の合計を示している。*はそれぞれの最大値となる緯度。縦線は対流圏オゾン気柱量が31ドブソン単位となる緯度を示す(二本の縦線に挟まれた領域がオゾン高濃度帯を示す)。(a3) 高度毎に3層に分けて描いた対流圏オゾンの緯度断面図。濃い灰色は0-5km、淡い灰色は5-10km、白は10km-圏界面を示す。

(下図) (b1) (b2) (b3) は上図と同様であるが、2000年から2005年までの夏(6、7、8月)を示す。(Nakatani et al., 2012)

上記の研究成果は原著論文として2012年の気象集誌に掲載された(Nakatani et al., 2012)。

(2) バイオマスバーニングと大気微量成分の関連解析

東南アジアにおけるバイオマスバーニングに着目し、陸域リモートセンシングデータか

ら得られた火災検知データを、衛星観測されたエアロゾル・一酸化炭素(CO)・二酸化窒素(NO₂)などの微量成分の時空間分布と比較した(図3)。

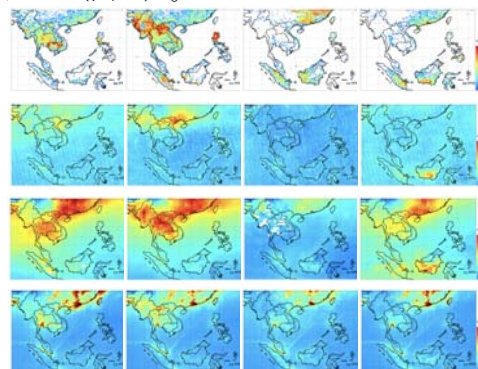


図 3

東南アジアで観測された火災検知数(最上段)と、衛星で観測されたエアロゾル(2段目)、CO(3段目)、NO₂(最下段)の分布図。左列から冬期(12-2月)、春期(3-5月)、夏期(6-8月)、秋期(9-11月)の季節平均である。

特に3月~4月にミャンマーとラオスの山岳部、12月~2月にカンボジア北部、9~11月にインドネシアのスマトラ島とカリマンタン島の南部で、火災発生が顕著であった。これらの火災発生件数の多い地域では、同様に高濃度のエアロゾル・CO・NO₂が観測されていた。時系列解析においても、火災発生件数の多い時期に対応してエアロゾルとCOが放出されていることが示された。また、火災発生時に観測されるエアロゾルの種類は、有色の煙エアロゾルを示すsmokeに分類されるエアロゾルが多い事がOMIのエアロゾルタイプ識別指標から示された。このように、バイオマスバーニングによって放出されたエアロゾル・CO・NO₂が衛星観測からとらえられていることが明瞭に示された。

一方、化学輸送モデルCHASERを用いたタグ付きトレーサー実験の結果から、日本近辺では、春季に東南アジアで生成されたオゾンが輸送されて来ていることが示された。この時期の東南アジアは乾季にあたり、上記のバイオマスバーニングの盛んな時期と対応している。現在、これらの解析とモデルの結果をまとめ、原著論文を準備中である。

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2件)

① Nakatani, A., S.Kondo, S.Hayashida, T.Nagashima, K.Sudo, X.Liu, K.Chance, I.Hirota, Enhanced Mid-latitude Tropospheric Column Ozone over East Asia: Coupled effects of stratospheric ozone intrusion and anthropogenic sources, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 90, No. 2, pp. 207-222, 2012, DOI:10. 2151/jmsj. 2012-204, 査読有り

② Noguchi, K., H.Itoh, T.Shibasaki, S.Hayashida, I.Uno, T.Ohara, A.Richter, J.P.Burrows, Comparison of tropospheric NO₂ observations by GOME and the air-quality monitoring network around Tokyo, Japan, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 29, No. 2, 398-409 頁, 2009, https://www.jstage.jst.go.jp/article/rssj/29/2/29_2_398/pdf 査読有り

[学会発表] (計 13 件)

- ① 高倉典子, 林田佐智子, 永島達也, 須藤健吾, 東アジアにおける対流圏オゾン気柱量の起源分類-タグ付きトレーサー実験に基づく対流圏内の領域別解析-, 日本気象学会 2011 年度秋期大会, 名古屋大学 東山キャンパス, 11/16-18, 2011. [Poster]
- ② 高倉典子, 永島達也, 須藤健吾, 林田佐智子, 東アジアにおける対流圏内で生成したオゾン気柱量の起源分類とその特徴-タグ付きトレーサー実験に基づく対流圏内の高度に着目した領域別解析, 第 17 回大気化学討論会, 京都大学, 10/18-20, 2011. [Poster]
- ③ S.Hayashida, A.Nakatani, S.Kondo, K.Shiohira, X.Liu, et al, Enhanced Mid-latitude Tropospheric Column Ozone over East Asia Associated with the Subtropical Jet, The XXV IUGG General Assembly, Melbourne, Australia, 28 June-7 July, 2011. [Oral]
- ④ A.Nakatani, S.Hayashida, T.Nagashima, S.Kondo, X.Liu, K.Sudo, I.Hirota, Correlation between subtropical jet and the Enhanced-Tropospheric Columnar Ozone (E-TCO) belt, 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif.,

13-17 Dec., 2010. [Poster]

- ⑤ 近藤沙綾子, 永島達也, 大原利真, 須藤健吾, 秋元肇, 林田佐智子, 東アジア付近の対流圏オゾン気柱量に見られる高濃度帯(E-TCO)の成因と季節変動の原因に関する研究, 日本気象学会2010年度秋期大会, 京都テルサ, 10/27~10/29, 2010. [口頭]
- ⑥ 中谷彩, 林田佐智子, 衛星で観測された対流圏オゾン気柱量の変動解析-対流圏オゾン高濃度域とジェット気流との関係-, 日本気象学会2010年度秋期大会, 京都テルサ, 10/27~10/29, 2010. [口頭]
- ⑦ 潮平佳世子, 林田佐智子, 東アジア域の対流圏オゾンのMOZAICデータ解析, 日本気象学会2010年度秋期大会, 京都テルサ, 10/27~10/29, 2010. [Poster]
- ⑧ 近藤沙綾子, 永島達也, 大原利真, 須藤健吾, 秋元肇, 中谷彩, 林田佐智子, 東アジア付近の対流圏カラムオゾンに見られる高濃度帯(E-TCO)の成因と季節変化の原因に関する研究, 日本気象学会2010年度春期大会, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 5/23~5/26, 2010
- ⑨ 本多祐美子, 久慈誠, 林田佐智子 (奈良女子大学), 衛星観測による東南アジアにおけるバイオマスバーニングの研究
2. バイオマスバーニングに伴って発生する物質とエアロゾルの種類, 日本気象学会2009年度秋季大会, アクロス福岡, 11/25~11/27, 2009. [Poster]
- ⑩ 中谷彩, 林田佐智子 (奈良女子大学), 衛星で観測された対流圏オゾン気柱量の変動解析, 日本気象学会2009年度秋季大会, アクロス福岡, 11/25~11/27, 2009. [Poster]
- ⑪ Y.Honda, M.Kuji, S.Hayashida (Nara Women's University), Spatial and temporal variations in trace gases and aerosols from

biomass burning is Southeast Asia as measured from space, 4th Japan-China-Korea Joint Conference on Meteorology, Tsukuba, Japan, 8 to 10 November 2009. [Poster]

- ⑫ Y.Honda, M.Kuji, S.Hayashida.
Spatiotemporak variation in distribution of aerosol and trace gases from biomass burning in Southeast asia observed by satellite, IGAC-SPARC Joint Workshop in Kyoto, Inamori Hall at Shiran-Kaikan in Kyoto, Japan, 25 to 26 October, 2009. [Poster]
- ⑬ 中谷彩、川岸諒子、林田佐智子、衛星で観測された対流圏オゾン気柱量の変動解析、日本地球惑星科学連合2009年大会、幕張国際会議場、5/18～5/21、2009.
[Poster]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林田 佐智子 (HAYASHIDA SACHIKO)
奈良女子大学・理学部・教授
研究者番号：70180982

(3) 連携研究者

永島 達也 (NAGASHIMA TATSUYA)
国立環境研究所・地域環境研究センター・主任研究員
研究者番号：50391131

中里 真久 (NAKAZATO MASAHISA)
気象研究所・気象衛星・観測システム研究部・主任研究員
研究者番号：50354519