

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25241006

研究課題名(和文) 大気化学・陸域生態系モデルの結合によるCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの変動要因の解明研究課題名(英文) Elucidating mechanism and factors of changes in CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O by coupling of atmospheric chemistry and land ecosystem models

研究代表者

須藤 健悟 (SUDO, KENGO)

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：40371744

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、メタン(CH<sub>4</sub>)や亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)の収支や各変動要因の分離・定量化を行った。陸域生態系モデルによるCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>OおよびBVOCs等の微量気体の放出推定をできるだけ高精度化し、CH<sub>4</sub>の消失源として重要なOHラジカルの濃度場については、大気化学モデルによる感度実験により各種変動要因の整理を行い、大気化学場の衛星データ同化を用いた高精度のOH推定も実施した。また、N<sub>2</sub>O放出の検証や光解離・成層圏・対流圏間交換(STE)の役割の定量化も行う。さらに、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの過去の変動について、再現実験を行い、各変動要因の寄与を分離・定量化し、変動機構を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study investigated global budget of atmospheric methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), and inferred separate factors of their temporal changes. In the framework of a land-ecosystem and trace gas exchange model, estimations of global emissions of CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and biogenic VOCs were optimized. For the changes in OH which govern the CH<sub>4</sub> sink in the atmosphere, individual controlling factors of OH changes were quantified and examined by a set of sensitivity simulations using an atmospheric chemistry model. More accurate estimation of global OH changes was also performed by our developed data assimilation system with the satellite measurements of global atmospheric chemistry. This study also investigated and tested N<sub>2</sub>O budget including emissions, photolysis, stratosphere-troposphere exchange (STE). Furthermore, underlying mechanisms and controlling factors of recent CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O changes are revealed in detail by using past reproduction simulations (hindcasts) for CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O.

研究分野：大気化学

キーワード：大気化学 陸域生態系 メタン 亜酸化窒素 大気酸化能

## 1. 研究開始当初の背景

温室効果気体や気候影響物質の変動を正しく予測するには、大気への放出や消失(吸収)など、各種変動要因や収支を定量的かつ全球的に把握することが不可欠である。長寿命の温室効果気体のうち、人為起源の寄与が大きい二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)については、その放射強制力の大きさから、炭素循環やCO<sub>2</sub>変動を全球的に解明しようとする取り組みが、GCP(Global Carbon Project)に代表されるような国際プロジェクトにて一層活発化している。一方で、同じく長寿命温室効果気体として、CO<sub>2</sub>に次いで重要な放射強制力を持つCH<sub>4</sub>およびN<sub>2</sub>Oについては、大気中濃度・フラックスの測定が比較的難しいことや大気中の光化学反応による複雑な消失過程の存在などにより、濃度変動要因や全球収支の理解が未だ十分な段階にない。CH<sub>4</sub>については、2000年代に入ってから増加傾向が停止し、2008年頃より再度増加するという特徴的な経年変動を見せているが、CH<sub>4</sub>の主要な排出源である水田・湿地や化石燃料燃焼からの排出量など、陸域との交換過程に伴う変動傾向については統一的な理解は得られていない<sup>1</sup>。さらに、大気中CH<sub>4</sub>の主要な消失源である大気酸化能(OHラジカル濃度)についても、メチルクロロホルム(MCF)を指標とした推定が行われきているが<sup>2,3</sup>、近年のCH<sub>4</sub>変動の原因究明に使用するには不確実性が大きく、CH<sub>4</sub>消失過程とその経年変動における役割の定量的な解決には至っていないのが現状である。CH<sub>4</sub>消失過程変動の重要性については、研究代表者らの最近のモデル研究により、気象場変動がOHを増加させ、上述のCH<sub>4</sub>増加の停止に寄与していた可能性が指摘されている。一方、N<sub>2</sub>Oについても、長期的な増加傾向がみられるが、陸域・海洋の窒素循環や生物化学と密接に関連した複雑な生成・放出や、成層圏への輸送、対流圏との交換、光解離反応による消失過程などの理解が不十分であり、変動要因解明のさらなる精緻化が求められている。

CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oは、温室効果気体として重要であるだけでなく、化学反応を通じて、紫外線や大気汚染の問題として重要な成層圏・対流圏のオゾンにも影響・相互作用する<sup>4</sup>。さらに、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの放出過程は、前述のように陸域生態系と密接にリンクしているため、気候・大気環境の正確な将来予測のためには、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oについて、大気化学・気候・陸域生態系の間各相互作用を加味した結合的・網羅的な収支・変動要因の解明が必須である。

## 2. 研究の目的

上述の学術的背景の下、本研究では、研究代表者・分担者らが独自に開発を行ってきた大気化学・気候モデル(CHASER)<sup>5,6</sup>、N<sub>2</sub>O化学輸送モデル<sup>7</sup>、データ同化・逆推定手法(CHASER-DAS)<sup>8</sup>、および陸域生態系モデル(VISIT)<sup>9</sup>を組み合わせ、(a) ソース・

シンクについて2重の不確実性を持つCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの収支・変動要因の理解を格段に向上させ、(b) 気候・大気環境への影響を再検討する。具体的な目標は以下の通りである。

- (1) 陸域生態系モデルによる気体放出の検証・改良と適用：本研究で使用する陸域生態系モデルVISITによる気体放出(CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oやその他の微量気体)の計算について、大気化学モデルに入力した際に計算される濃度場や、衛星データ等からの逆推定によるフラックスの情報を元に徹底的な検証を行い、陸域からの気体放出の推定精度を向上させる。さらに、季節～数十年規模の時間スケールに着目し、陸域生態系と大気化学・気候との相互作用が、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの濃度変動に対してどのような役割を担っているか明らかにする。
- (2) 大気化学モデルによるCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの消失過程の検証・改良：CH<sub>4</sub>の主要な消失源である対流圏のOHラジカル濃度について、大気化学モデル計算にデータ同化手法を組み合わせ、OHの時空間分布の推定を高精度化する。長期的なOH変動に関しては、気象場変動やオゾン化学場変動など、各変動要因の寄与を整理する。N<sub>2</sub>Oについては、成層圏での光解離反応のスキーム・表現を精緻化させるとともに、成層圏・対流圏間交換の長期的な変動の寄与も定量化する。
- (3) CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O変動要因の分離・定量化：上の(1)、(2)で精緻化されたソース・シンクについての情報を用い、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O全球収支を特定する。また、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの時間変動についても各種要因ごとの寄与を分離・定量化し、変動機構を解明する。

## 3. 研究の方法

まず、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O収支や各変動要因(図1)の分離・定量化を目指す。このため、1～2年目には、検証・改良を通じて陸域生態系モデルによるCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oおよびその他の微量気体の放出推定をできるだけ高精度化する。CH<sub>4</sub>の消失源として重要なOHラジカルの濃度場については、大気化学モデルによる感度実験により各種変動要因の整理を行い、大気化学場の衛星データ同化を用いた高精度のOH推定を行う。また、N<sub>2</sub>O放出の検証や光解離・成層圏・対流圏間交換(STE)の役割の定量化も行う。2年目後半からは、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの過去の変動について、再現実験を行い、各変動要因の寄与を分離・定量化し、変動機構を明らかにする。3年目には、2年目までの研究結果をまとめるとともに、本研究の新しい知見を元にしたCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oの変動実験を行い、大気化学・気候モデルにより放射強制力やオゾン層への影響について解析し、総合的な知見を得る。

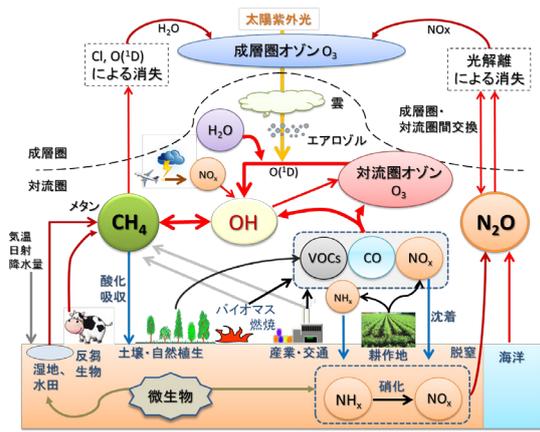


図 1. CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O の発生（陸域生態系）と消失（大気化学）。OH は紫外線によるオゾン(O<sub>3</sub>)の光解離と水蒸気の反応によって発生し、NO<sub>x</sub> などの汚染物質、揮発性有機化合物 (VOCs) や CH<sub>4</sub> との反応で減衰・消滅する。

#### 4. 研究成果

##### (1) BVOCs エミッションの導入と検証：

陸域生態系は大気に大量の揮発性有機化合物 (VOCs) を放出し、オゾンや OH ラジカル濃度やこれらの変動に大きく寄与している可能性が高いが、その放出量や分布には大きな不確実性が存在する。本研究では、大気中のホルムアルデヒド (HCHO) の全球分布・収支に着目し、全球化学気候モデルによる大気化学シミュレーションと衛星観測データを用いて、植物起源 VOCs (BVOCs) の全球エミッション量の推定を試みた。ホルムアルデヒドは主に大気中のメタン (CH<sub>4</sub>) や VOCs の酸化によって生成される物質であるため、ホルムアルデヒドの全球分布・収支から CH<sub>4</sub> 濃度や VOCs のエミッション量を推定することができる。BVOCs のエミッションについては、本研究の VISIT モデルによる推定値に加え、MEGAN モデル<sup>10</sup> によるエミッションデータも併せた相互評価を行い、OMI 衛星観測とモデル実験の比較 (図 2) により、BVOCs のエ

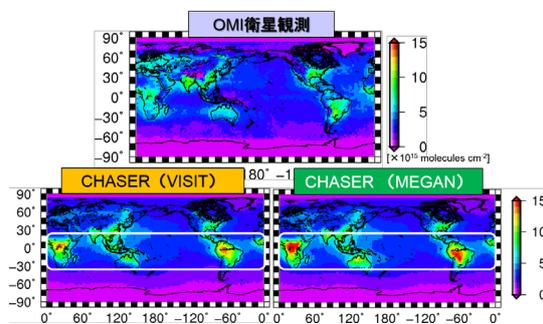


図 2. CHASER で計算されたホルムアルデヒド (HCHO) カラム濃度分布 (10<sup>15</sup> molecules cm<sup>-2</sup>) の衛星観測 (OMI) による検証。モデル計算については、BVOCs エミッションに、VISIT モデル (本研究)、MEGAN モデルを使用した 2 ケースを示す。

ミッション量を推定した。この結果、主要な BVOCs であるイソプレンの全球エミッション量は 300~400 TgC yr<sup>-1</sup> と推定され、既存の推定値 (VISIT、MEGAN) (>500 TgC yr<sup>-1</sup>) は過大評価である可能性が示唆された。

##### (2) BVOCs エミッションの変動と影響評価：

次に、BVOCs の長期変動が OH やメタンに纏わる大気化学過程に及ぼす影響について、感度実験によって検討を行った。陸域生態系の光合成をはじめとする生物活動は、一般に大気中の二酸化炭素濃度の上昇や気温上昇によって活発化するため、20 世紀~今世紀中の二酸化炭素濃度の上昇や温暖化によって、BVOCs のエミッションも増加してきた(していく)可能性がある。実際、本研究で、VISIT モデルによる過去再現計算を実施したところ、最近数十年間で BVOCs エミッション量が顕著に増加してきていることが明らかとなった (図 3)。

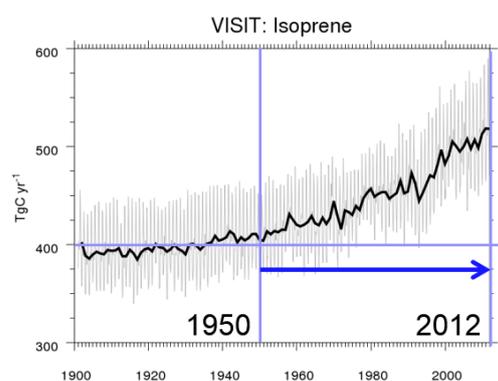


図 3. 陸域生態系モデル VISIT により推定されたイソプレンの全球エミッション量の変化 (1900~2012 年)。

本研究では、さらに、このような BVOCs 増加が大気組成に与える影響について、CHASER モデルを用いて評価した。本研究の推定では、1950~2012 年のイソペン放出量の全球的な増加 (~24%) に対して全球対流圏オゾン生成が 2%増加し、熱帯域の上部および中部対流圏のオゾン量が 4%前後増加することが計算された。また、北半球全域で、5-10%の OH ラジカルの減少がみられ、CO は北半球全域で 2-4%増加することが示された。イソペン増加による全球的な OH 減少 (図 4) は、メタンの化学的寿命を約 3%増加させることがわかり、長期的なメタンの濃度変化傾向にも無視できない影響を及ぼしていることが示唆された。BVOCs の変動は二次有機エアロゾル (SOA) にも大きく影響し、上述のイソプレンの増加によって熱帯域を中心に対流圏全層で、30%以上の顕著な SOA 増加が見られた。

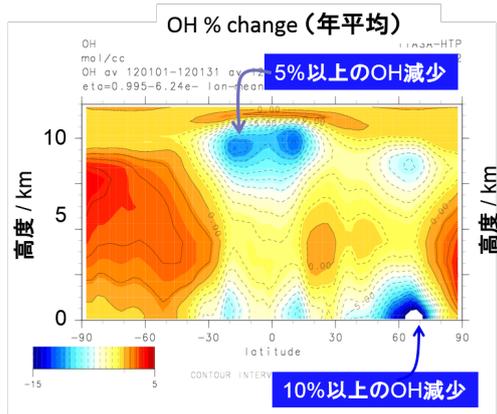


図4.イソプレンの全球エミッション量の変化(1900～2012年)に対するOHラジカル分布の応答(%)。

### (3) データ同化 CHASER-DAS による OH 推定:

地球環境システムにおける大気組成の役割を解明することを目的として、各種観測とモデルによる情報を統合するデータ同化研究に取り組んできた。構築したデータ同化システムを用いて、2005年から2014年の10年間について大気環境に関する再解析計算を実施した<sup>11</sup>。NASAおよびESAが実施している複数の衛星観測による情報を統合し、様々な反応性気体(35種類)の大気中での濃度、前駆気体である窒素酸化物および一酸化炭素の排出量、データ同化によりこれらを同時に最適化した。対流圏全域の濃度プロファイルと排出量を全球について同時推定するようなシステムは世界でもこれまでに例がなく、大気組成データ同化における新たな手法を提示した。この同時推定手法は限られた観測情報を化学システムに広く伝搬させる上で有効であった。

データ同化に利用しない独立観測データ(航空機・オゾンゾンデ・地上観測)との比較から、再解析データにおける各種物質の全球3次元分布は、その季節・経年変動を含み、下部対流圏から下部成層圏について現実的に再現されていることを確認した(図5)。予報

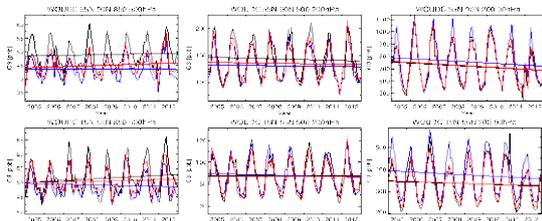


図5. オゾン濃度時系列の比較結果。黒線がオゾンゾンデによる観測値、青線がデータ同化を行わないモデルシミュレーションによる推定値、赤線がデータ同化を行った解析値を示す。上段は北半球高緯度(55N-90N)、下段は北半球中緯度(15N-55N)の比較結果を示し、左から対流圏下層(850-500hPa)、対流圏上層(500-200hPa)、成層圏下層(200-90hPa)で平均したオゾン濃度を示す。

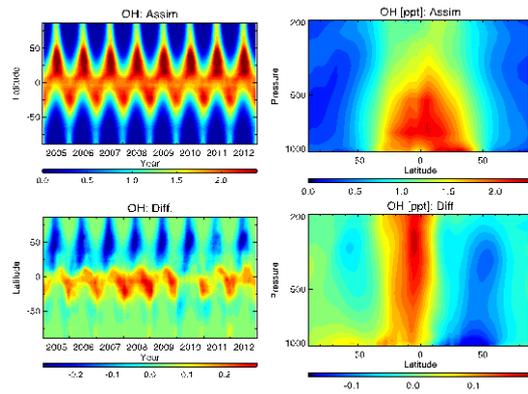


図6. 対流圏OH濃度の時間-緯度断面図(左)および緯度-高度断面図(右)。再解析計算から得られるOH濃度を上に、再解析計算とモデル計算の差を下に示す。

モデルとして用いた化学輸送モデルの系統的なバイアスはデータ同化により効果的に除去された。一方、データ同化に利用した観測データの不連続性(衛星搭載センサの故障などに起因する)が、再解析データの長期的な品質の安定性に影響することを指摘した。

水酸基ラジカル(OH)は対流圏化学システムにおいて重要な役割を果たすが、広域についてその直接観測は困難である。複数衛星観測データを統合利用することで、全球OH分布を大幅に修正できる可能性があることを示した(図6)。

### (4) 過去数十年間のCH<sub>4</sub>・OH変動推定

本研究では、過去数十年間を対象にメタンやメタン収支を支配するOHラジカルの再現計算を実施した。ここでは、モデル中の気象場については客観解析データ(Era-Interim)や海面水温データ(HadiSST)を使用した同化を行い、前駆気体等のエミッションデータについては、最新の過去インベントリであるMACCityデータを入力として用い、できるだけ現実的な再現実験を行った。図7は、本研究で再現された全球平均メタン濃度の長期変化である。各種感度実験の結果から、この間のNO<sub>x</sub>エミッションの増加、水蒸気増加(温暖化による)、紫外光強度増加(主に成層圏オゾン減少による)が複合的に全球OH濃度を上昇させメタンの濃度上昇を抑制していたことが確認できた。また、2030年までのメタン濃度予測も同時に行い、例えばNO<sub>x</sub>等の前駆気体の増加に伴うOH増加は、全球平均メタン濃度の上昇を100ppbv以上大幅に削減することが示された。

さらに、観測データにみられる2008年以降のメタン濃度の再上昇傾向(図7)について、全球収支の解析を行い、メタンエミッションの変動要因を推定した。2008年以降は、全球的なOH濃度の上昇がCHASERにより計算されており、メタンエミッションが一定の条件下では、メタン濃度は減少していく(図7の赤線)。この傾向を打ち消し、観測のメタ

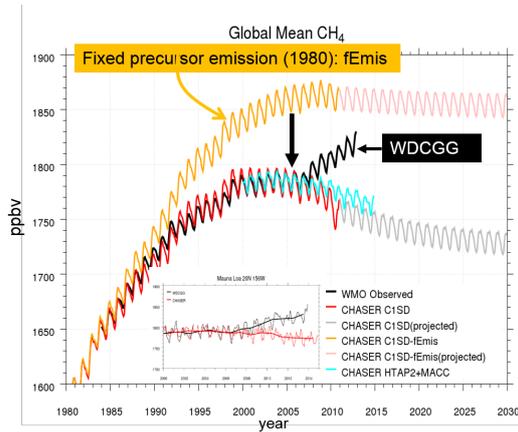


図7 全球平均メタン濃度の再現計算。黒実線はWDCGGによる観測値、赤実線は標準実験、橙実線は前駆気体(NO<sub>x</sub>,CO,VOCs)排出量を1980年値で固定した実験を示し、それぞれについて、2030年までの予測結果も示す。各実験において、2000年以降のメタンエミッション量は一定としている(図8参照)。青実線は、前駆気体のエミッションとしてMACCityデータの代わりにHTAP2データ(2008年値)を用いた実験の結果である。

ン上昇を再現するために必要なメタンソースについて検討するため、最新のメタンエミッション・インベントリであるEDGAR-V4.2(FT-2012)を用いた再現計算を行った。EDGAR-V4.2の元データをそのまま使用した場合、2008年以降のメタン濃度が大幅に過大評価される結果となったため、本研究では、2000年以降のメタンエミッションの増加率を半減させて調整を行い(図8)、観測に近いメタン濃度傾向を再現することに成功した。この結果から、2000年以降のメタンの全球エミッション量の増加は、OH変動によるメタン寿命の変化も加味すると、約50 Tg a<sup>-1</sup>であると推定され、OH変動を考慮しない研究<sup>12</sup>に比べ、約20 Tg a<sup>-1</sup>多い結果となった。

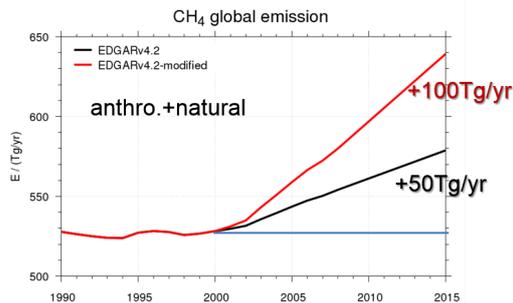


図8. 過去再現計算におけるメタンのエミッション(バイオマス燃焼以外)の長期変化。

(5) 全球N<sub>2</sub>Oとその変動推定

本研究では、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)についても全球変動・収支の推定を行った。ここでは、大気化学輸送モデル(CTM)および陸域生態系モデルVISITによるN<sub>2</sub>Oエミッション推定に基づき、大気中一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)同位体モデルおよびその最適化手法

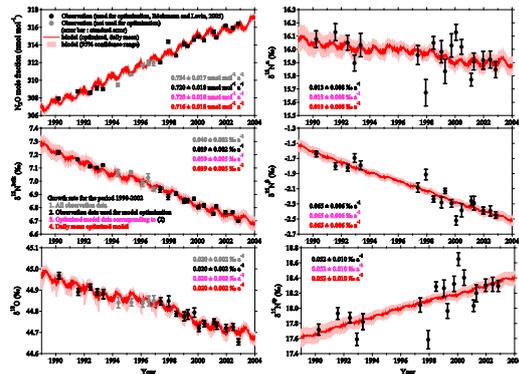


図9. 南極ノイマイヤー基地における大気中N<sub>2</sub>Oの濃度およびδ<sup>15</sup>N<sub>bulk</sub>、δ<sup>18</sup>O、δ<sup>15</sup>N<sub>α</sub>、δ<sup>15</sup>N<sub>β</sub>、δ<sup>15</sup>N<sub>sp</sub>の観測値およびモデル計算値。

を開発し、これを用い南北両半球の地表N<sub>2</sub>O放出源の同位体比の推定を行った。地表観測、アイスコア・フィルン空気分析(図9)、成層圏の大気球・航空機観測のデータ(図10)を用いてモデルの長期トレンド、半球間勾配、および光分解起因の同位体分別について最適化を行い、初めて地表~成層圏のN<sub>2</sub>O同位体比時空間変動の現実的な再現に成功した。さらに、N<sub>2</sub>O変動要因について、エミッション変動に加えて、成層圏での光解離過程や大気輸送過程の各変動の寄与を定量化した。

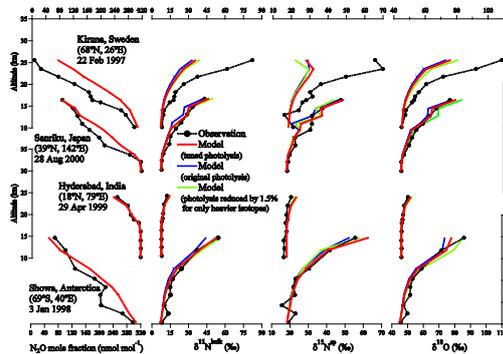


図10. 成層圏大気球観測において得られた大気中N<sub>2</sub>Oの濃度およびδ<sup>15</sup>N<sub>bulk</sub>、δ<sup>18</sup>O、δ<sup>15</sup>N<sub>sp</sub>の鉛直分布およびそのモデル計算値。

<引用文献>

- Heimann, M. (2011) Enigma of the recent methane budget, *Nature* 476(7359): 157-158.
- Prinn, R.G. et al. (2001) *Science*, 292, 1882-1888.
- Rigby, M. et al. (2008) *Geophys. Res. Lett.* 35, L22805, doi:10.1029/2008GL036037.
- Ravishankara, A. R., J. S. Daniel, et al. (2009) *Science* 326(5949): 123-125.
- Sudo, K., et al. (2002) *J. Geophys. Res.*, 107, 10.1029/2001JD001113.
- Watanabe et al. (2011) *Geosci. Model Dev.*, 4, 845-872, doi:10.5194/gmd-4-845-2011.
- Ishijima et al. (2010) *J. Geophys. Res.*, 115, D20308.
- Miyazaki et al. (2012) *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 9545-9579, doi:10.5194/acp-12-9545-2012.
- Ito A. (2008) *Agricultural and Forest Meteorology* 148: 738-747.
- Guenther, et al. (2006), *Atmos. Chem. Phys.*, 6,

3181-3210.

<sup>11</sup> Miyazaki, K., K. Sudo, et al. (2015) *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 8315-8348.

<sup>12</sup> Patra et al. (2016) *J. Meteor. Soc. Japan*, 94, 91-113.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件、全て査読有)

- ① Akimoto, H., J. Kurokawa, K. Sudo, T. Nagashima, T. Takemura, Z. Klimont, M. Amann, K. Suzuki, SLCP co-control approach in East Asia: Tropospheric ozone reduction strategy by simultaneous reduction of NO<sub>x</sub>/NMVOC and methane, *Atmos. Environ.*, 122, 2015, 588-595, doi:10.1016/j.atmosenv.2015.10.003.
- ② Miyazaki, K., H. J. Eskes, and K. Sudo, A tropospheric chemistry reanalysis for the years 2005–2012 based on an assimilation of OMI, MLS, TES and MOPITT satellite data, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 2015, 8315-8348, doi:10.5194/acp-15-8315-2015.
- ③ Ishijima, K., M. Takigawa, K. Sudo, S. Toyoda, N. Yoshida, T. Röckmann, J. Kaiser, S. Aoki, S. Morimoto, S. Sugawara, and T. Nakazawa, Development of an atmospheric N<sub>2</sub>O isotopologue model and optimization procedure, and application to source estimation, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 15, 2015, 19947-20011, doi:10.5194/acpd-15-19947-2015.
- ④ 須藤 健悟、地球温暖化 第4講 大気汚染と地球温暖化, 大気環境学会誌, Vol. 49 No. 2 p. A25-A35, 2014.
- ⑤ Miyazaki, K., H. J. Eskes, K. Sudo, and C. Zhang, Global lightning NO<sub>x</sub> production estimated by an assimilation of multiple satellite data sets, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 2014, 3277-3305, doi:10.5194/acp-14-3277-2014.
- ⑥ Sekiya, T. and K. Sudo, Roles of transport and chemistry processes in global ozone change on interannual and multidecadal time scales, *J. Geophys. Res.*, 119, 8, 2014, 4903-4921, doi:10.1002/2013JD020838
- ⑦ Kirschke, S., P. Bousquet, J.-F. Lamarque, K. Sudo (他44名, 41番目), Three decades of global methane sources and sinks, *Nature Geosci.*, 6, 2013, 813-823, doi:10.1038/geo1955, 2013.

〔学会発表〕(計9件)

- ① 須藤健悟、伊藤昭彦 (2015): 2000-2013年における対流圏大気成分の全球分布と年々変動: 化学・エアロゾル気候モデルによる計算, 日本地球惑星科学連合 2015年大会、幕張メッセ、2015年5月28日
- ② Kengo Sudo, E. Kawabuchi, and A. Ito (2015): Interannual Variabilities in Tropospheric Constituents during 2000-2013 Simulated in a Chemistry-Aerosol Coupled Climate Model with HTAP2 Emissions, HTAP2 Global and Regional Model Evaluation Workshop, 11th May, 2015, NCAR Center Green, Boulder, U.S.

- ③ Kengo Sudo, E. Kawabuchi, and A. Ito (2015): Interannual variabilities and long-term trends in tropospheric constituents during the recent decades simulated in CHASER (MIROC-ESM), CCMI (Chemistry-Climate Model Initiative) Workshop, CNR Rome, Italy, 8-10 Oct 2015.
- ④ 須藤健悟、長谷川晃一 (2015): 化学気候モデルによる1980~2010年の全球大気微量成分の再現計算, 第21回大気化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2015年10月19-21日。
- ⑤ 川瀬衣里子、須藤健悟 (2015): 対流圏OHラジカルの全球分布と年々・長期変動: 化学気候モデルによる要因解析, 第21回大気化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2015年10月19-21日。
- ⑥ Miyazaki, K., H. Eskes, and K. Sudo, A tropospheric chemistry reanalysis for the years 2005-2014 based on an assimilation of AURA OMI, MLS, TES and MOPITT satellite data, AGU Fall meeting, San Francisco, Dec, 2015.
- ⑦ 須藤健悟、伊藤昭彦 (2014): BVOCsの変動が全球大気化学場に与える影響: CHASER・VISITのオフライン結合, 日本地球惑星科学連合2014年大会、横浜、2014年5月1日。
- ⑧ 須藤健悟、伊藤昭彦 (2014): 化学・エアロゾル気候モデルによる全球窒素沈着シミュレーション 日本気象学会2014年秋季大会、福岡、2014年10月22日。
- ⑨ Sudo Kengo, E. Kawabuchi, A. Ito (2014), Interannual Variabilities in Tropospheric Constituents during 2000-2001 Simulated in a Chemistry-Aerosol Coupled Climate Model, AGU Fall meeting, San Francisco, Dec, 2014.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

須藤 健悟 (SUDO, Kengo)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授  
研究者番号: 40371744

### (2) 研究分担者

伊藤 昭彦 (ITO, Akihiko)

国立環境研究所・地球環境研究センター・主任研究員

研究者番号: 70344273

石島 健太郎 (ISHIJIMA, Kentaro)

海洋研究開発機構・地球表層物質循環研究分野・研究員

研究者番号: 90399494

宮崎 和幸 (MIYAZAKI, Kazuyuki)

海洋研究開発機構・地球表層物質循環研究分野・研究員

研究者番号: 30435838