

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2014

課題番号：22241008

研究課題名(和文)多種トレーサーおよび複数モデルを用いた温室効果気体の化学・輸送・フラックスの解明

研究課題名(英文) Understanding chemistry, transport and surface fluxes of greenhouse gases by a multi-species and multi-model approach

研究代表者

Patra Prabir (PATRA, Prabir)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球表層物質循環研究分野・主任研究員

研究者番号：70392967

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,000,000円

研究成果の概要(和文)：大気中の主要な温室効果気体を計算するための大気化学輸送モデル(ACTM)を新たに開発した。メタンモデル相互比較実験を立ち上げ、かつ自ら参加し、ACTMを含む12の参加モデルの総合評価を行った。ACTMと水酸基ラジカル(OH)変動指標成分を用いて新たな対流圏OH分布を推定するとともに、逆解法により代替フロン₁の放出量を推定し、夏季の季節的な放出量増加の可能性を提唱した。地表観測および航空機観測データを用いた逆解法により全球53～84地域の二酸化炭素とメタンのフラックスを推定した。成果の一部をIPCC第5次評価報告書の第6章に図として提供した。また報告書本文中では本課題の論文数編が引用された。

研究成果の概要(英文)：We have developed an atmospheric general circulation model-based chemistry transport model (ACTM) in JAMSTEC for simulating the major greenhouse gases (GHGs) and ozone depleting substances (ODSs). The development of simple ACTM was essential because most of these gases are either lost in troposphere by reacting with hydroxyl (OH) radicals in troposphere or photolysis in the stratosphere. Efforts have been made to constrain OH in troposphere using a proxy species (CH₃CCl₃), and to evaluate interhemispheric transport using SF₆ in ACTM. We have led and participated in the TransCom-CH₄ model intercomparison experiment. Following the validation of transport and chemistry, inverse modeling of emissions have been conducted. We proposed significantly higher summer-time emissions of HCFC-22 and HFC-134a. The fluxes of CO₂ and CH₄ are estimated for 53-84 regions using surface observation networks and aircraft measurements. We have contributed to some of the analyses in Chapter 6 of the IPCC AR5.

研究分野：大気化学

キーワード：温室効果気体 大気化学輸送モデル 逆解法 放出量推定 フラックス推定 航空機観測

1. 研究開始当初の背景

地球表層大気中の温室効果気体の放出源あるいは吸収源と大気との間のガス交換量(以下フラックスと呼ぶ)を定量的に見積もることは科学的にも政治的にも重要である。地球温暖化をはじめとする気候変動の進行を緩和するため、京都議定書やその後の修正条項により、世界中の締約国に温室効果気体排出量を削減するよう求めている。科学的手法の一つとして、化学輸送モデルと大気観測データを組み合わせたインバースモデリング(逆解法: トップダウン推定の1つ)により、地表の放出量および吸収量を地域スケールで見積もることができる。しかしながら、そのような地表フラックス推定における不確定性は、観測データを提供するステーションの数やモデルの性能に大きく依存する。ある感度解析によると、逆解法やデータ同化において観測データをより効果的に結果に反映させるためには、複数モデルの逆解法推定値のアンサンブル平均をとるよりもむしろ、個々のモデルの大気輸送の精度を向上させるほうが重要であることが示唆されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、全球における温室効果気体成分の変動を、化学輸送モデルを用いて地表フラックスや大気化学と関連付けて理解することである。大気観測データと化学輸送モデル計算値を用いて行われる逆解法により推定される地表フラックスの不確定性やバイアスは、モデルの大気輸送過程の計算精度に大きく依存する。本研究では、複数の全球化学輸送モデルによる複数の大気成分計算を通じて、(1) 半球間交換、(2) 成層圏-対流圏交換、(3) 鉛直輸送といった、対流圏および成層圏における大気輸送の特性を定量的に評価することを目指す。また、高解像度の領域モデルとその計算気象場を用いたラグランジアン大気輸送拡散モデルを開発し、地域規模のフラックス推定を行う。

3. 研究の方法

大気中メタン(CH₄)、二酸化炭素(CO₂)、一酸化二窒素(N₂O)、メチルクロロホルム(CH₃CCl₃)、HCFC-22、HFC-134a などについて、大気化学輸送モデル(ACTM)を用いた数値実験または解析を下記のとおり実施した。

(1) 大気中CH₄についての化学輸送モデル相互比較実験(TransCom-CH₄)の結果の解析を行った。この比較実験は全球的な大気中CH₄変動をモデル計算する上での地表放出、大気輸送および化学消滅の各役割を理解することを目的としたものである。計12の異なるモデルが参加し、計3機関の再解析気象データを用いて、1990-2007年の大気中CH₄濃度計算が行われた(Patra et al., 2011a)。さらに、南北両半球間の輸送を調べるために六フッ化硫黄(SF₆)の計算、サブ

グリッドスケール輸送の診断を行うためにラドン(²²²Rn)の計算が行われた。また、CH₄の対流圏における水酸基ラジカル(OH)との反応による化学的除去を調べるためにCH₃CCl₃の計算も実施した(Patra et al., 2014)。

(2) 多種多様な陸域生態系と大気との間のCO₂のフラックスの定量化は、CO₂排出緩和政策を実施する上で、重要かつ喫緊の課題である。例えば、ヨーロッパや北米のCO₂収支については比較的よく分かっているのに対して、16億の人口を擁する南アジアについては、相当量のCO₂フラックスがあると考えられるにも関わらず、この領域のCO₂収支について一致した見解は得られていない。そこで我々は、既存の観測ネットワークのデータに加え、ルフトハンザ航空のフランクフルト(ドイツ)-チェンナイ(インド)間を結ぶ旅客機を利用して航行高度において測定(CARIBIC 航空機観測)された大気中CO₂濃度データを用いて、逆解法解析を実施し、全球64領域の月別CO₂フラックスを推定した(Patra et al., 2011b; Saito et al., 2011)。

(3) 高時間分解の観測により得られた濃度を数値モデルにより再現するには、モデルの高い時間分解能が必要である。そこで、本研究では、最先端の領域気象化学モデルであるWRF-Chemに変更を加え、パッシブ・トレーサー(不活性ガス)計算用モジュールを構築した。また、後方流跡線のアンサンブルに基づくラグランジュ型モデルによるCO₂フラックス推定システムを開発し、東京湾周辺のCO₂フラックスの推定を行った(Pisso et al., 2012)。

(4) N₂Oは温室効果気体であるとともに、今世紀最大のオゾン層破壊物質であると考えられており、その全球的な循環や収支の究明を必要としている。その逆解法においてはモデル計算における成層圏-対流圏交換(STE)に起因する不確定性が大きいとされており、解明が望まれている。我々は、大気大循環モデルをベースとした大気化学輸送モデル(ACTM)を用いて、地表から成層圏における大気中N₂O濃度変動をモデル計算し、その結果を航空機や衛星の観測と比較した(Ishijima et al., 2010; Saito et al., 2012)。

(5) 水酸基ラジカル(OH)は大気汚染物質や温室効果気体を大気中から除去する役割を担う極めて重要な酸化剤の1つである。その中で、大気中OH濃度の北半球に対する南半球の比は、窒素酸化物、一酸化炭素(CO)およびメタン等の半球スケールの収支を理解する上で非常に重要である。しかし過去の研究における南北比の推定値は0.85~1.4と広範囲に渡り、未だ十分に特定されていない。そこで我々は、そのOH濃度の南北比を決定するため、大気中微量成分であるメチルクロロホルム(大部分がOHとの反応により消滅するためOH変動を調べる指標となる)の濃度観測データと、半球間輸送や地表放出を明

示化し得る ACTM モデルを用いて解析を行った (Patra et al., 2014)。

(6) 大気中の HCFC-22 (CHClF_2) と HFC-134a (CH_2FCF_3) の放出量を見積もった。その際、大気中 OH 濃度として、(5) において全球および半球スケールの分布が保証された濃度場を用いた。これにより、より正確な HCFC-22、HFC-134a の放出量推定が可能になると期待される。これら 2 種の主要な代替フロンガスは現在世界中において家庭用あるいは商用の冷蔵・冷蔵庫やエアコンに用いられている。HCFC-22 は成層圏オゾンの破壊に寄与しており、また両者とも強力な温室効果気体としても知られている。

4. 研究成果

(1) TransCom-CH₄ 比較実験において、6 つの異なるメタン放出シナリオを用いたモデル計算結果と 1box-model に基づく収支式から、大気観測値を最もよく再現する正味の全球放出量を各モデルについて見積もった結果、1990 年代と 2000 年代でそれぞれ $513 \pm 9 \text{ Tg-CH}_4 \text{ yr}^{-1}$ と $514 \pm 14 \text{ Tg-CH}_4 \text{ yr}^{-1}$ であることが分かった (Patra et al., 2011a)。

CH₄、SF₆、CH₃CCl₃ のモデル計算結果を、8 つの地表観測サイト (アラート (Alert)、ポイントバーロー (Point Barrow)、メースヘッド (Mace Head)、マウナロア (Mauna Loa)、バルバドス (Barbados)、サモア (Samoa)、グリム岬 (Cape Grim)、南極点 (South Pole)) における観測の月平均値あるいは年平均値と比較した。その他、長期トレンド、季節変動、年々変動の解析・比較を行った。また CH₄ については、上部対流圏—成層圏における CH₄ 濃度衛星観測値との比較も行った。その結果、ほとんどのモデルは、成層圏における CH₄ 濃度鉛直分布、地表における CH₄、SF₆、CH₃CCl₃ 濃度の平均的な長期トレンド、季節変動、年々変動および南北 (半球間) 勾配を十分によく再現した。

これらの計算結果から、各モデルの半球間交換時間を見積もった (図 1)。モデル間の交換時間の違いは、逆解法によるフラックス推定や、対流圏・成層圏の化学的に反応性のある成分の放出・吸収および大気中の生成・消滅の収支推定を行う際にバイアスを生じさせる原因となる大気輸送を診断する指標となる。半球間交換時間は、モデル計算された SF₆ 濃度の時系列値と、両半球の総放出量を用いて計算され、全モデルの平均値は 1.39 ± 0.18 年であった。感度実験から、1996-2007 年の半球間交換時間のトレンドは、SF₆ の高放出域が近年低緯度側へ移動してきたことよってもたらされた可能性が示唆された (Patra et al., 2011a)。

CH₄ について 6 つの異なる放出シナリオを用いたモデル計算の結果、1990 年代後半からの人為的放出の停滞により、大気中メタン濃度増加率が 2000 年代前半にほぼ平衡に達したことが明らかとなった。また、観測され

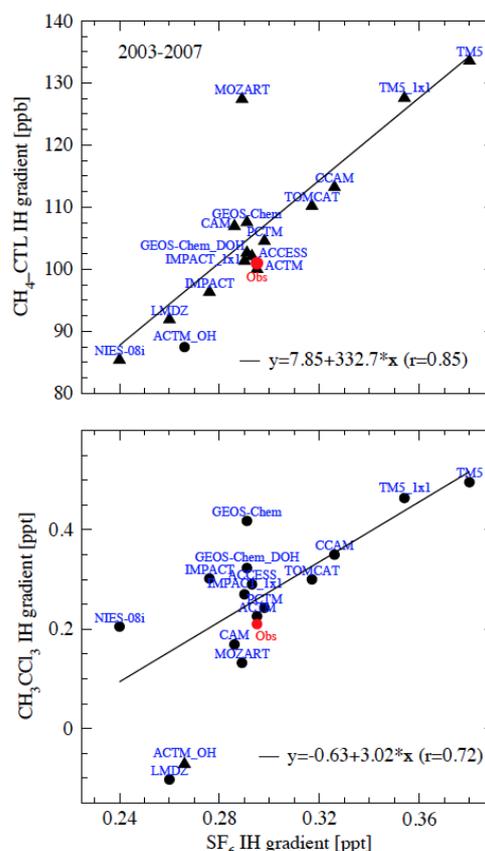


図 1.モデル計算された SF₆ 濃度の南北勾配と CH₄ および CH₃CCl₃ 濃度の南北勾配の関係 (Patra et al., 2011a)。

たメタン濃度の年々変動の 60% までが、バイオマス燃焼と湿地からの放出、および気象データにより駆動される大気輸送と気温の変動により説明されることが分かった。モデル中のメタン収支は成層圏—対流圏交換速度、すなわちモデルの鉛直層構造と、それにより形成される下部成層圏による大気循環に強く依存する。12 のモデルにより計算されたメタンの大気寿命は、大気輸送と気温の変動に起因するいくつかの年々変動を伴うが、そのメジアンは 9.99 ± 0.08 年であった。

計算された全成分の地表—上部対流圏間の鉛直勾配はモデル間でほぼ一致し、鉛直輸送はモデル間で大きくは異なることが示唆された。対流圏内の各高度におけるメタンの水平・鉛直輸送をより詳細に評価するために、TransCom-CH₄ の各モデルの計算結果を 2001-2007 年にアマゾン (ブラジル)、モンゴル、太平洋、シベリア (ロシア)、米国の計 13 サイトで行われた航空機観測結果と比較した (Saito et al., 2013)。モデル結果は季節変動と鉛直分布について観測と良い一致を示した。解析期間のモデルと観測の総観規模変動の相関係数は概ね 0.5 以上であり、モデル間の相違はいくらかあるものの、観測された季節変動振幅はほとんどのサイトで全モデル平均値と 1σ 以内で一致した。しか

しながら、いくつかのサイト、例えばサンタレン（ブラジル）上空での 2km 以下、あるいはスルグート（ロシア）上空の上部対流圏ではモデル観測間の鉛直分布に大きな違いが見られた。また、南グレートプレーンズ（米国）とサンタレン上空ではモデルによるメタン濃度鉛直勾配が過小評価され、スルグート上空では逆に過大評価されていた。鉛直分布の系統的な過大・過小評価は主にモデルのフラックスが現実的でないことに起因するが、大気輸送の再現の不十分さも一部影響している。しかし、モデルが表現を苦手とする対流活動の強い地域あるいは季節においては、モデル間の結果に大きな差が見られた。全体として、経度緯度方向の濃度変動は、高度 2.5km 以下ではフラックス分布により、中上部対流圏においては大気輸送により支配されていた。また、水平輸送が遅いために鉛直勾配を大きく見積もるモデルは、下部対流圏における半球間勾配も大きく見積もる傾向があることが示された。これらの知見は、逆解法により推定される地表フラックスのバイアスを軽減する可能性を持つより高精度な大気化学輸送モデルを今後開発してゆく上で重要な示唆を与える。

(2) 南アジアの CO₂ フラックスの推定に先立って、モデルの大気輸送については、SF₆、CH₄ および一酸化二窒素 (N₂O) の計算結果を CARIBIC 航空機観測データと比較検証し、妥当であることを確認した。CARIBIC データを新たに含めた逆解法により見積もられた CO₂ フラックスの季節変動幅は、先験値として用いられた生態系モデルの推定値と比べて倍になった。そして、南アジアの 2007–2008 年の炭素吸収量は 0.37±0.20 PgC yr⁻¹ (1 PgC = 炭素換算重量 10¹⁵g) であると見積もられた。得られた CO₂ フラックスの月別推定値を、再度モデルに入力して CO₂ 濃度を計算し、デリー上空の鉛直プロファイル観測や、日本航空 (JAL) の旅客機による航行高度における空間分布の観測等の独立した観測データにより検証し、CO₂ フラックスの推定値が極めて妥当であることを確認した (Patra et al., 2011b; 2013)。このように推定された CO₂ フラックスはまた北半球高緯度における CO₂ 濃度の季節変動振幅の増大についての研究にも用いられた (Graven et al., 2013)。

さらに、その CO₂ 逆解法システムを全球 84 領域に拡張し、1990–2011 年のフラックス推定を行えるよう改良を行った (Saeki and Patra, 2014)。逆解法によるフラックス推定には、用いる化石燃料起源 CO₂ の先験値が重要であり、特に東アジアで化石燃料先験値を精緻化する必要性が示唆された。

(3) 高分解能連続観測データを有効に活用するため、ラグランジュ型粒子拡散モデル Flexpart 及び領域モデル WRF を用いた CO₂ フラックス推定システムを開発した。気象場として、再解析値とメソスケールモデルから

の出力値を用いた。このシステムと、千葉県成田上空における CONTRAIL 航空機観測データ、茨城県つくばにおけるタワー観測データ、および東京近郊の地上観測データを用いて、東京湾周辺のフラックス推定を行った結果、2005 年から 2009 年のフラックスは 4.80×10⁻⁷ から 3.45×10⁻⁶ kgCO₂m⁻²s⁻² と推定された (Pisso et al., 2012)。

(4) 成田（日本）とシドニー（オーストラリア）を結ぶ JAL 旅客機による上部対流圏–下部成層圏 (UT/LS) の観測データを用いて、圏界面付近の N₂O 変動に対する STE の役割を定性的・定量的に調べた (Ishijima et al., 2010)。上部対流圏の低 N₂O 濃度イベントは ACTM 計算により統計的に有意に再現されることを示した。これは同時にモデルが成層圏空気流入イベントと下部成層圏における N₂O 濃度の鉛直・水平勾配を現実的に再現していることを示唆している。ACTM の計算スキームを開発し、STE のメカニズムとそれによる低 N₂O 濃度成層圏気塊の対流圏中への下向き輸送を定量的に説明した。スルグート、仙台、およびグリム岬上空の航空機による鉛直分布観測データを用い、各サイト上空の各高度における N₂O 濃度季節変動への、地表フラックス、対流圏内移流そして STE の各寄与を見積もった。

南緯 67°から北緯 85°の地表付近から高度 14km の範囲で行われた HIPPO (HIAPER Pole-to-Pole Experiment: 環境研究用高性能測器搭載航空機による極間飛行観測実験) 観測から、大気中 N₂O 濃度が熱帯⇄亜熱帯の中上部対流圏において極大となる場合があり、そのような濃度分布パターンは 2~3 週間スケールで大きく変動することが明らかにされた (Kort et al., 2011)。全球モデル計算ではその観測された分布を緯度、高度、時間方向に正確に捉えることができない。ACTM を用いた簡易な逆解法によると、観測された N₂O 濃度緯度高度分布を再現するには、熱帯域における短期的かつ強い N₂O 放出 (9 週間で 1 TgN: 窒素換算量 10¹²g) が必要であることが分かった。これらの発見は、強い熱帯 N₂O 放出源の存在可能性と、それを検知するための大気全高度プロファイル観測の必要性を強調した (Kort et al., 2011)。

(5) 観測および数値モデルから得られたメチルクロロホルム濃度を解析した結果、2004–2011 年の平均値の南北勾配は互いに線形の関係にあることを発見した (図 2)。その関係を 2 つの異なる研究グループの地表観測と HIPPO 航空機観測のデータに適用して、OH 濃度の南北比は 0.97 であると特定した (Patra et al., 2014)。この結果から、1 より大きな OH 濃度南北比に基づく窒素酸化物やメタンのような反応性物質放出量のトップダウン推定は、北半球 (南半球) の国々からの放出量を過大評価 (過小評価) していた可能性が示唆された。

(6) 2009–2011 年に太平洋上で実施された

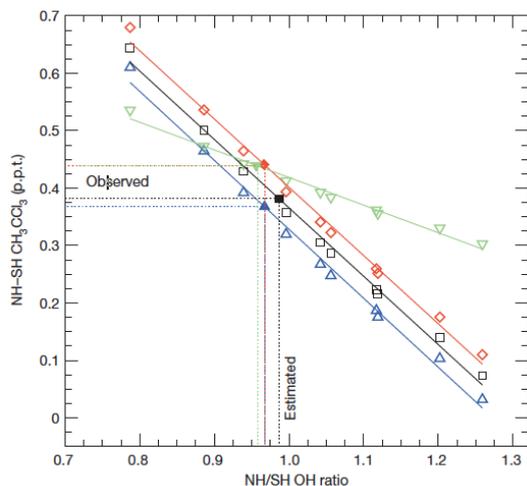


図 2. 大気中メチルクロロホルム濃度の南北勾配を利用した水酸基ラジカル濃度南北比の推定 (Patra et al., 2014)。

HIPPO 航空機観測により得られた HCFC-22 と HFC-134a の濃度データと地表ステーションでの長期観測データを組み合わせて解析を行った。観測データと大気化学輸送モデルを用いた放出量推定の結果、HCFC-22 と HFC-134a の全球放出量は過去 20 年間で大きく増加したことを見出した (Xiang et al., 2014)。推定された HFC-134a 放出量は、2000 年以降は、国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) が発行しているインベントリよりも常に大きく、特に近年 (2009-2012 年) では 60% 以上も大きかった。航空機観測データを用いた逆解法により放出量の季節変化を推定したところ、夏季の HCFC-22 と HFC-134a の放出は冬季の 2~3 倍にも上ることが分かった。この予想外に大きな季節変動は、既存のインベントリ推定において、何らかの冷媒ガス放出メカニズムが見落とされている可能性を示した。

(7) 本研究開始当初は、モデル計算結果の検証には、地表観測や航空機鉛直観測のデータが主に用いられた。しかし、後半には、HIPPO 観測が実施されたため、地球上の到達困難な地域 (例えば南大洋) に至るまでのほぼ全緯度帯における、地表付近から下部成層圏までの対流圏全高度域を網羅した極めて貴重な大気中濃度観測データが利用可能となった。モデル-HIPPO 観測比較実験には 2 つの研究グループしか参加できなかったが、我々はその 1 つを担うという好機に恵まれた。

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 20 件)

(全て査読有りで主要なもののみ記載)

- ① Xiang, B., P. K. Patra, S. A. Montzka, S. M. Miller, J. W. Elkins, F. L. Moore, E.

L. Atlas, B. R. Miller, R. F. Weiss, R. G. Prinn, S. C. Wofsy, Global emissions of refrigerants HCFC-22 and HFC-134a: Unforeseen seasonal contributions, Proc. Natl. Acad. Sci., 111, 17379-17384, 2014, doi:10.1073/pnas.1417372111.

- ② Patra, P. K., M. C. Krol, S. A. Montzka, T. Arnold, E. L. Atlas, B. R. Lintner, B. B. Stephens, B. Xiang, J. W. Elkins, P. J. Fraser, A. Ghosh, E. J. Hints, D. F. Hurst, K. Ishijima, P. B. Krummel, B. R. Miller, K. Miyazaki, F. L. Moore, J. Muñhle, S. O'Doherty, R. G. Prinn, L. P. Steele, M. Takigawa, H. J. Wang, R. F. Weiss, S. C. Wofsy, & D. Young, Observational evidence for interhemispheric hydroxyl-radical parity, Nature, 513, 219-223, 2014, doi:10.1038/nature13721.
- ③ Graven, H. D., R. F. Keeling, S. C. Piper, P. K. Patra, B. B. Stephens, S. C. Wofsy, L. R. Welp, C. Sweeney, P. P. Tans, J. J. Kelley, B. C. Daube, E. A. Kort, G. W. Santoni and J. D. Bent, Enhanced seasonal exchange of CO₂ by northern ecosystems since 1960, Science, 341, 1085-1089, 2013, doi:10.1126/science.1239207.
- ④ Saito, R., P. K. Patra, C. Sweeney, T. Machida, M. Krol, S. Houweling, P. Bousquet, A. Agustí-Panareda, et al., TransCom model simulations of methane: Comparison of vertical profiles with aircraft measurements, J. Geophys. Res., 118, 3891-3904, 2013, doi:10.1002/jgrd.50380.
- ⑤ Patra, P. K., J. G. Canadell, R. A. Houghton, S. L. Piao, N.-H. Oh, P. Ciais, K. R. Manjunath, A. Chhabra, T. Wang, T. Bhattacharya, P. Bousquet, J. Hartman, A. Ito, E. Mayorga, Y. Niwa, P. A. Raymond, V. V. S. S. Sarma and R. Lasco, The carbon budget of South Asia, Biogeosciences, 10, 513-527, 2013, doi:10.5194/bg-10-513-2013.
- ⑥ Saito, R., P. K. Patra, N. Deutscher, D. Wunch, K. Ishijima, V. Sherlock, et al., Latitude-time variations of atmospheric column-average dry air mole fractions of CO₂, CH₄ and N₂O, Atmos. Chem. Phys., 12, 7767-7777, 2012, doi:10.5194/acp-12-7767-2012.
- ⑦ Pisso, I., P. K. Patra, M. Takigawa, T. Machida, H. Matsueda, and Y. Sawa, Anthropogenic CO₂ flux constraints in the Tokyo bay area from Lagrangian

- diffusive backward trajectories and high resolution in situ measurements, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 12, 10623-10649, 2012, doi:10.5194/acpd-12-10623-2012.
- ⑧ Patra, P. K., S. Houweling, M. Krol, P. Bousquet, et al., TransCom model simulations of CH₄ and related species: Linking transport, surface flux and chemical loss with CH₄ variability in the troposphere and lower stratosphere, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 12813-12837, 2011a, doi:10.5194/acp-11-12813-2011.
- ⑨ Kort, E. A., P. K. Patra, K. Ishijima, B. C. Daube, R. Jimenez, J. W. Elkins, D. Hurst, F. L. Moore, C. Sweeney, and S. C. Wofsy, Tropospheric distribution and variability of N₂O: evidence for strong tropical emissions, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L15806, 2011, doi:10.1029/2011GL047612.
- ⑩ Saito, R., S. Houweling, P. K. Patra, D. Belikov, R. Lokupitiya, Y. Niwa, F. Chevallier, T. Saeki, and S. Maksyutov, TransCom satellite intercomparison experiment: Construction of a bias corrected atmospheric CO₂ climatology, *J. Geophys. Res.*, 116, JD21120, 2011, doi:10.1029/2011JD016033.
- ⑪ Patra, P. K., Y. Niwa, T. J. Schuck, C. A. M. Brenninkmeijer, T. Machida, H. Matsueda, and Y. Sawa, Carbon balance of South Asia constrained by passenger aircraft CO₂ measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 4163-4175, 2011b, doi:10.5194/acp-11-4163-2011.
- ⑫ Ishijima, K., P. K. Patra, M. Takigawa, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, P. Steele, P. Krummel, R. Langenfelds, S. Aoki and T. Nakazawa, The stratospheric influence on seasonal cycle of nitrous oxide in the troposphere as deduced from aircraft observation and model, *J. Geophys. Res.*, 115, D20308, 2010, doi:10.1029/2009JD013322.
- [学会発表] (計 18 件)
(主要なもののみ記載)
- ① Patra, P. K., M. C. Krol, S. A. Montzka, T. Arnold, E. L. Atlas, B. R. Lintner, B. B. Stephens, B. Xiang, J. W. Elkins, P. J. Fraser, A. Ghosh, E. J. Hintsa, D. F. Hurst, K. Ishijima, et al., Interhemispheric gradient of hydroxyl (OH) in the troposphere, Quadrennial iCACGP Symposium and IGAC Science Conference on Atmospheric Chemistry, 2014 年 09 月 22~26 日、Natal (Brazil)
- ② Patra, P. K., H. Kobayashi and T. Saeki, Detection and attribution of changes in arctic, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 (招待講演)、2014 年 04 月 30 日、パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)
- ③ Saeki, T. and P. K. Patra, Carbon flux estimation by using AGCM-Based chemistry transport model, AGU fall meeting 2013, 2013 年 12 月 08~15 日、サンフランシスコ (米国)
- ④ Patra, P. K., S. C. Wofsy, K. Ishijima, A. Ghosh, B. B. Stephens, E. L. Atlas, J. W. Elkins, S. A. Montzka, E. A. Kort, G. Santoni, J. Pittman, B. Daube, Evaluation of ACTM forward simulations using HIPPO, AGU Fall Meeting 2012, 2012 年 12 月 3-6 日、サンフランシスコ (米国)
- ⑤ Saito, R., P. K. Patra, N. Deutscher, D. Wunch, K. Ishijima et al., Comparison of TCCON and ACTM atmospheric CO₂, CH₄ and N₂O column averages, European Geosciences Union General Assembly 2012, 2012 年 04 月 24 日、ウィーン (オーストリア)
- ⑥ Saito, R., P. K. Patra, C. Sweeney, T. Machida, and TransCom-CH₄ modelers, Comparisons of TransCom models simulated methane vertical profiles with in situ observations, Sixth International Symposium on Non-CO₂ Greenhouse Gases (NCGG-6), 2011 年 11 月 05 日、アムステルダム (オランダ)
- ⑦ Patra, P. K., J. G. Canadell, R. Boer, P. Ciais, A. Hooijer, R. Houghton, S. Piao, F. Siegert, H. Simbolon, et al., RECCAP: South and Southeast Asia, COCOS-RECCAP workshop for Regional Carbon, 2010 年 10 月 06-08 日、Viterbo (Italy)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

Patra Prabir (PATRA, Prabir)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球表層物質循環研究分野・主任研究員

研究者番号： 70392967

(2) 研究分担者

石島 健太郎 (ISHIJIMA, Kentaro)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球表層物質循環研究分野・研究員

研究者番号： 90399494