

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：83102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K12303

研究課題名（和文）アジアにおけるアンモニア排出インベントリの精緻化と還元態窒素の動態解明

研究課題名（英文）Improvement of NH₃ emission inventory and analysis of ammonia nitrogen in Asia

研究代表者

黒川 純一（Kurokawa, Junichi）

一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター・情報管理部・部長

研究者番号：70534262

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、アジア域のNH₃排出インベントリ（EI）の精緻化を行った。大気質モデルとNH₃双方向フラックスモデルを用いた排出量推計を実施し、その結果等から得られたEIの課題点を踏まえ、農業起源排出量推計手法の改良を行った。大気質モデルによるシミュレーション結果と衛星観測結果を比較し、EIの改良により観測結果再現性が改善する方向に変化したことを確認した。改良されたEIを用い、2005、2010、2015年を対象にシミュレーションを実施し、その結果の解析により、中国、インド、東南アジアにおけるNH₃濃度のトレンドは、各地域のNH₃、NO_x、SO₂の排出量の関係によって異なることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

NH₃は反応性の高い窒素化合物であり、NH₃及び還元態窒素の動態把握は窒素循環の解明に不可欠である。また、NH₃は大気中の代表的な塩基性物質であり、酸性沈着やPM_{2.5}二次粒子生成に関連し、大気沈着、大気汚染、更には短寿命気候強制因子SLCFとして気候変動にもインパクトを与える。本研究では、NH₃及び還元態窒素の動態把握に重要な役割を果たすNH₃排出インベントリの精緻化を行ったことに学術的意義があり、関連研究を促進することが期待される。更に、NH₃の主要発生源である農業活動が盛んであると共に、燃料消費による窒素酸化物、硫酸酸化物の排出も多大なアジア域を対象に研究を進めたことに社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study conducted the improvement of NH₃ emission inventory in Asian region. First, through reviewing the methodology of current emission inventory and emissions estimated using an air quality modeling system with the bi-directional flux model, problems of the current emission inventory were evaluated and methodologies to estimate emissions from agricultural sources were updated. Then, comparing model simulated results and satellite observations, improvement of model reproducibility by updated the emission inventory was evaluated. Using the updated emission inventory, long-term simulations for the year 2005, 2010, and 2015 were performed and the simulated results were analyzed. The results indicated that trends of NH₃ concentrations in China, India, and Southeast Asia varied due to different trends of emissions of NH₃, NO_x, and SO₂ in each country and region.

研究分野：アジアを対象とした排出インベントリの開発・精緻化及びその結果に基づく大気質・気候変動への影響評価

キーワード：アンモニア 排出インベントリ 大気質モデル

1. 研究開始当初の背景

アンモニア (NH₃) は反応性の高い窒素化合物であり、NH₃ 及び還元態窒素 (窒素成分のうちアンモニウム塩であるもの) の動態把握は、窒素循環の実態解明において不可欠である。また、大気中の代表的な塩基性物質であり、硝酸塩、硫酸塩の主たる結合核種として大気沈着や PM_{2.5} の二次粒子生成に関連し、人間の健康や生態系への影響に加え、短寿命気候強制因子として気候変動にも関わる重要な物質である。

NH₃ の主要発生源は化学肥料の施用、有機肥料の施用を含む家畜の糞尿管理であるが、経済発展とともに化石燃料の燃焼による窒素酸化物、硫黄酸化物の排出が増大するアジア域は、農業活動が盛んな地域でもあり、NH₃ 及び還元態窒素の動態把握において重要な地域である。しかしながら、アジア域を対象とした NH₃ 排出インベントリは不確実性が大きく、その改良が不可欠な課題となっている。更に、動態解析に必須となる大気質モデルによるシミュレーションについても、NH₃ 及び還元態窒素に対する検証は十分にはなされていない。NH₃ については、近年 IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) 衛星センサー等、アジア全域をカバーする NH₃ カラム濃度観測データが活用可能となり、NH₃ 排出インベントリの精緻化及び大気質モデリングシステムの精度向上が進むことが期待されている。

2. 研究の目的

本研究では、アジア域排出インベントリ REAS (Regional Emission inventory in ASia) における NH₃ 排出インベントリの課題点を精査し、観測データ及び大気質モデルを活用した解析の結果も踏まえ、排出量推計に使用する化学肥料投入量、家畜糞尿管理等に関する活動量データ、それらを用いた推計手法と対応する排出係数等を改訂し、NH₃ 排出インベントリの不確実性の低減と、大気質モデリングシステムの精度向上を図る。また、改訂された NH₃ 排出インベントリを用い、NH₃ 排出量推計結果の経年変化についての評価を行う。次に、大気質モデルによるシミュレーション結果と衛星センサーによる NH₃ カラム濃度観測データを用い、NH₃ 排出インベントリ改訂による効果を評価するとともに、改訂された大気質モデリングシステムを用いた長期ヒストリカルシミュレーションを実施し、NH₃ 及び還元態窒素の空間分布、時間変化、経年トレンドに対する排出量の影響及びその地域差等についての解析を行う。

3. 研究の方法

本研究では、まず大気質モデルと双方向フラックスモデルを用いた NH₃ の排出量推計を実施し、REAS における NH₃ 排出インベントリの問題点を検証した。続いて、その結果も踏まえ、農業起源の NH₃ 排出量推計手法を改良し、更新された排出量推計結果を評価した。そして、大気質モデルを用いて排出インベントリ改良の効果を評価した後、長期ヒストリカルシミュレーションを実施して結果の解析を行った。以下に具体的な方法を記載する。

(1) 大気質モデルと双方向フラックスモデルを用いた NH₃ の排出量推計

大気質モデル Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System に、大気と地表面の間における NH₃ の双方向フラックスを表現する Bi-directional モデルを導入した。Bi-directional モデルでは、地表面-大気間フラックス(F_t)を、キャノピー補償点(C_a)と大気濃度(C_c)の差、及び物質に対する空気力学的抵抗(R_a)とキャノピー内抵抗(R_{inc})により、以下の式で表す。

$$F_t = (C_c - C_a) / (R_a + 0.5 \times R_{inc})$$

R_a および R_{inc} は風速により規定され、常に正の値である。つまり、C_a が C_c よりも大きければ大気から地表面へ、C_c が C_a よりも大きければ地表面から大気への流れとなる。C_c の決定に対しては土壌中のアンモニウム濃度が大きく影響し、施肥によって土壌アンモニウム濃度が増加すると C_c が増大し、大気へ放出される NH₃ が増加するメカニズムである。このモデルを CMAQ における NH₃ の乾性沈着モデルとして組み込み、物理・化学プロセスに基づく計算によって得られる地表面から大気へのフラックスを NH₃ の排出と見なすことにより、排出量の推計を試みた。

(2) 農業起源 NH₃ 排出量推計手法の改良

NH₃ 主要発生源である農業起源について、REAS においては、過去に詳細な手法で作成された 2000 年の施肥起源、家畜糞尿管理起源排出量データをベースとし、国・地域毎に簡易手法で推計された排出量をトレンド指標として外挿を行うことで、長期ヒストリカル排出量の推計を行ってきた。本研究では、農業起源排出量推計手法に後述する改良を行った上で、各国・地域の農業起源排出量について、全対象期間 (本研究では 1950-2020 年) 独自推計を行った。

① 化学肥料施用起源排出量推計手法の改良

本発生源の活動量である化学肥料投入量については、International Fertilizer Association が提供しているデータベース IFASTAT を主に使用し、Food and Agriculture Organization of the United Nations が提供しているデータベース FAOSTAT や、各国統計、関連論文・報告書を補完的に使用し、国・地域別種別化学肥料投入量データを新規に整備した。化学肥料種別排出係数については、主に EMEP/EEA air pollution emission inventory guidebook (EMEP/EEA)

の化学肥料種類別、気候区分別、土壌 pH 別排出係数を使用し、気候区分は 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories (IPCC 2006) の定義、土壌 pH は、International Soil Reference and Information Centre-The World Inventory of Soil Emission Potentials の Global Data Set of Derived Soil Properties を用い、国・地域別に排出係数を設定した。

② 家畜糞尿管理起源排出量推計手法の改良

本発生源について、REAS では家畜頭数データを活動量として、EMEP/EEA のデフォルト排出係数を用いて排出量の推計を行っていたが、本研究では全アンモニア態窒素 TAN (Total Ammoniacal Nitrogen) に基づいて排出量を推計する手法を採ることとした。活動量については、FAOSTAT の各国家畜糞尿管理データ、各国統計、IPCC 2006 の家畜糞尿管理地域別情報、関連論文・報告書を用い、家畜種類別、家畜糞尿管理種類 (放牧、集畜施設 (屋内)、集畜施設 (屋外)、貯蔵、有機肥料) 別、糞尿状態 (固体状、液体状) 別に、TAN データを国・地域別に新規に整備した。排出係数は、EMEP/EEA より設定した。

(3) 大気質モデリングシステムによる長期ヒストリカルシミュレーションの実施

① 大気質モデリングシステムの構成

本研究では、大気質モデルは CMAQ を、気象モデルは Weather Research and Forecasting (WRF) モデルを使用した。水平解像度は $45\text{km} \times 45\text{km}$ とし、領域はインド、インドネシアを含むアジア全域を対象として設定した。人為起源排出量は原則として REASv3.2.1 を使用し、REAS の対象外領域に対しては EDGARv5 を用いた。また、バイオマス燃焼起源排出量については GFEDv4.1s を用い、植物起源 VOC 排出量は MEGANv2.10 による推計値を与えた。そして、3(2) に基づいて更新された排出インベントリ、更新前の排出インベントリを用いたシミュレーション結果を比較し、本研究による更新が NH_3 の大気濃度に与える影響を検証した。

② 長期ヒストリカルシミュレーションの実施

NH_3 の大気濃度は、二酸化硫黄や窒素酸化物等の酸性物質の濃度から強く影響を受けることが知られている。近年のアジア地域では、これらの排出量が大きく変動しているため、酸性物質排出量の経年変化と NH_3 大気濃度との関連性を評価するため、2005、2010、2015 年の 3 年を対象にして、本研究で更新された NH_3 排出インベントリを用いたシミュレーションを実施した。

4. 研究成果

(1) 大気質モデルと双方向フラックスモデルを用いた NH_3 排出量推計結果の評価

図 1 は、2010 年の化学肥料施用起源 NH_3 年間総排出量について、Bi-directional モデルによる推計結果 (以下 BIDI) と REASv3.2.1 の推計結果を比較したものである。

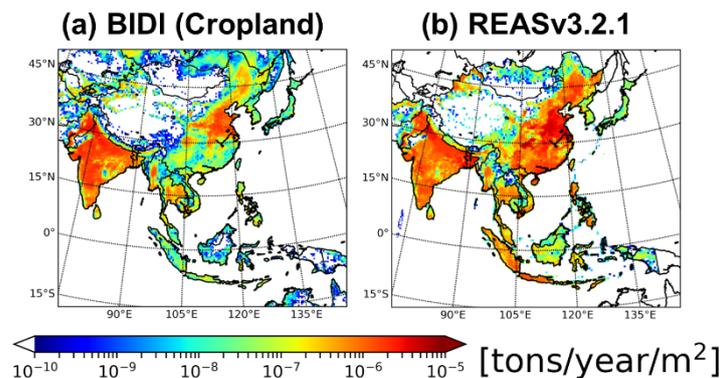


図 1. Bi-directional モデル (BIDI) 及び REASv3.2.1 による化学肥料施用起源 NH_3 排出量の推計結果 (a) BIDI (農地において計算された NH_3 フラックスのみ抽出)、(b) REASv3.2.1

中国の CEC 領域 (Central Eastern China) 及びインドにおいては、REASv3.2.1 及び BIDI の双方で排出量が多いのに対し、中国南東部においては、両者の差が大きいことが見て取れる。REASv3.2.1 に比べ、BIDI による中国年間総排出量推計値は小さいが、BIDI と同様の手法を採用している先行研究 (Fu et al., 2015, Xu et al., 2018) と比較すると、その差はボトムアップ型インベントリである REASv3.2.1 との差より小さく (REAS/BIDI=3.8, Fu et al., 2015/BIDI=2.0, Xu et al., 2018/BIDI=2.8)、排出量分布も類似していた。一方、インドにおいては、REASv3.2.1 は、年間総排出量については BIDI による推計値及び類似先行研究と非常によく一致していたのに対し (REAS/BIDI= 1.0, Xu et al., 2018/BIDI= 1.1)、季節変化には差異が見られていた。REASv3.2.1 は 7 月と 11 月に二山のピークを持つ分布であったが、BIDI の排出量のピークは、5 月を中心の一つのみ存在する結果となった。本研究では、これらの結果を踏まえ、3(2) で示した方法に基づき、農業起源 NH_3 排出インベントリの改良を行った。

Bi-directional モデルにおいては、大気的气象場のみならず、土壌温度等、土壌のパラメータの精度が重要である。また、施肥の時期が NH_3 排出量推計に対して大きな影響を及ぼす。BIDI では Zhu et al. (2015) を参考に衛星データから取得した植生指標により施肥の時期を推定したが、実際は作物毎に時期が異なっていると考えられる。今後の Bi-directional モデルの改良に向けては、まず、気象モデルにおける土壌物理プロセスの高度化が課題点として挙げられる。更に、モデルに適用する施肥の手法・タイミング等の詳細な情報の集積・解析も重要である。

(2) 改良された農業起源 NH₃ 排出量推計結果の評価

図2は、中国、インド、及び東南アジアにおける NH₃ の主要発生源別排出量について、1950-2020年の時系列変化を示したものである。この70年間で総排出量が大幅に増加していること（2020年と1950年の比率：中国約5.1、インド約5.1、東南アジア約6.6）、排出量の大部分を占めるのが農業起源であること（2020年において占める割合：中国約74%、インド約75%、東南アジア約80%）は共通している。長期トレンドについては、インド、東南アジアは増加傾向が続いている一方、中国の排出量は近年やや減少傾向を見せているのが特徴的である。

中国では、1970年代後半より総排出量の増加率が上昇し、2000年代半ばからはほぼ横ばいになった後、2010年代後半からやや減少傾向を示しているが、このトレンドは化学肥料施用起源排出量のトレンドとほぼ連動している。中国では、1970年代半ば頃から Ammonium bicarbonate (ABC) の消費量が増加し、NH₃ 排出量の上昇に寄与している。その後、1990年代後半頃から ABC の消費量は減少し始めるが、1980年代後半から消費量が増加した尿素からの NH₃ 排出量の寄与分が増加し、2000年代の排出量はほぼ横ばいとなっている。2010年代に入ると窒素・リン酸・カリウム複合肥料からの寄与分が増加するが、ABCからの寄与分が大幅に減少し、尿素からの寄与分もやや減少することで、化学肥料施用起源 NH₃ 排出量は近年やや減少傾向となっている。家畜糞尿管理起源は、有機肥料施用起源が過半となっており、1980年代後半から1990年代の排出量の増加に寄与している。家畜種類は、肉牛、家禽類に加え、豚からの寄与分が比較的大きいのが特徴的である。農業起源における寄与率は、2020年において、化学肥料の施用起源が約30%、有機肥料の施用起源が約25%、その他の家畜糞尿管理起源が約20%となっている。

インドにおいては、1970年代後半に排出量の増加率が上がり、その後はほぼ単調に増加傾向が続いている。この傾向は主に化学肥料の施用を起源とした排出によるもので、そのほとんどが尿素的投入とその消費量の増加に起因している。家畜糞尿管理起源排出量も増加傾向が続いており、過半は有機肥料の投入によるものであるが、化学肥料起源に比べ増加はゆるやかとなっている。家畜種類としては大部分が牛系であるが、南アジアでは類似の傾向を示す国が多い。2020年の農業起源における寄与分は、化学肥料の施用起源が約50%、有機肥料の施用起源が約14%、その他の家畜糞尿管理起源が約12%であり、中国、及び後述する東南アジアに比べ、化学肥料の施用起源の割合が大きい。

東南アジアのトレンドは比較的インドに近いが、排出量の増加率が上昇するタイミングはインドよりやや遅れている。化学肥料の施用起源については、大部分は尿素的投入によることはインドと同様であるが、家畜糞尿管理の増加率はインドに比べて大きい（2020年と1950年の比率：インド約2.0、東南アジア約5.5）。また、家畜の種類については、家禽類からの寄与分が半分近くを占めているのが特徴的である。2020年の農業起源における寄与分は、化学肥料の施用起源が約31%、有機肥料の施用起源が約28%、その他の家畜糞尿管理起源が約21%であった。

本研究によって改良された NH₃ 排出インベントリにより、国・地域別に農業起源排出量の詳細構造とそのトレンドを解析することが可能となった。

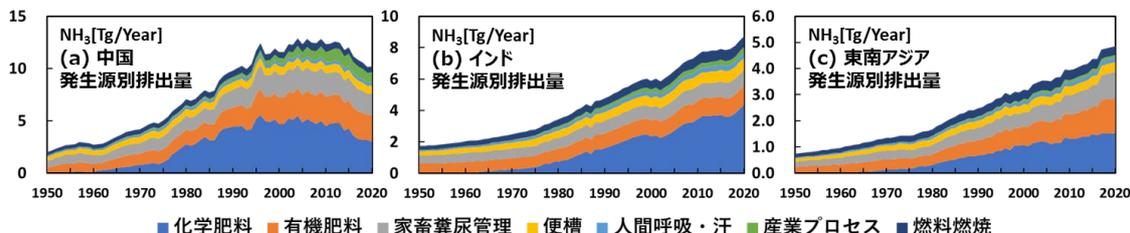


図2. (a) 中国、(b) インド、(c) 東南アジアにおける主要発生源別 NH₃ 排出量の時系列変化 (1950-2020年)

(3) 大気質モデリングシステムによる長期ヒストリカルシミュレーション結果の解析

① 農業起源 NH₃ 排出インベントリ改良による効果の検証

図3は、年平均 NH₃ 濃度水平分布のシミュレーション結果について、本研究による農業起源 NH₃ 排出インベントリ改良前後による結果と、IASI による NH₃ カラム濃度衛星観測結果（以下 IASI）とを比較したものである。排出インベントリを改良した結果、アジア大陸では全域的に濃度が減少する様子が見られた。CEC（図3a・e黒枠）とその周辺に注目すると、2010年では改良により濃度が増加する様子が見られたが、2015年では同領域で減少した。また、N-IND（Northern India、図3a・e緑枠）では、2010、2015年共に改良により NH₃ 濃度は減少した。ICP（Indochina Peninsula、図3a・e青枠）においては、2010年では改良により NH₃ 濃度が増加したが、2015年では広域で減少した。改良前後での空間分布の差異は顕著ではないが、IASIと比較すると、CEC、N-IND、ICPそれぞれ排出インベントリの改良により観測結果再現性はおおよそ改善される方向に変化した。例えば、2010年の中国南東部では改良後に濃度が下がり、IASIによる濃度分布に近づいている。一方、インドネシアにおいては、モデルでは全域で高濃度が計算されたが、IASIでは局所的な高濃度が見られるのみであった。よって、改良後でも排出量が過大に推計されている可能性があるが、IASIは海域や島嶼部では欠測やノイズが増えるため、他の観測データも組み合わせる詳細な検証を継続することが今後の課題である。

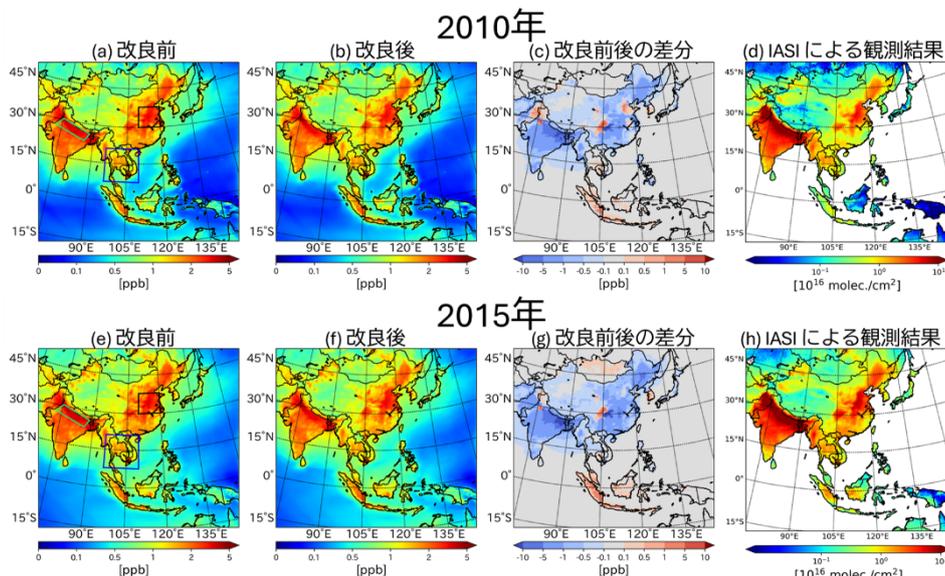


図3. 本研究による農業起源改良前後の排出インベントリを用いたシミュレーション結果と衛星観測結果との比較：(上) 2010年、(下) 2015年のNH₃濃度分布 (a, e) 改良前、(b, f) 改良後、(c, g) 改良前後の差分、及び (d, h) IASIによるNH₃カラム濃度衛星観測結果

② 改良された大気モデリングシステムによるNH₃及び還元態窒素の動態解析

図4は、改良後の排出インベントリを用いたシミュレーション結果によるNH₃濃度について、CEC、N-IND、ICP各領域内年平均濃度の2005、2010、2015年の変化を、同領域内におけるNH₃、NO_x、及びSO₂の年間総排出量のトレンドと比較したものである。

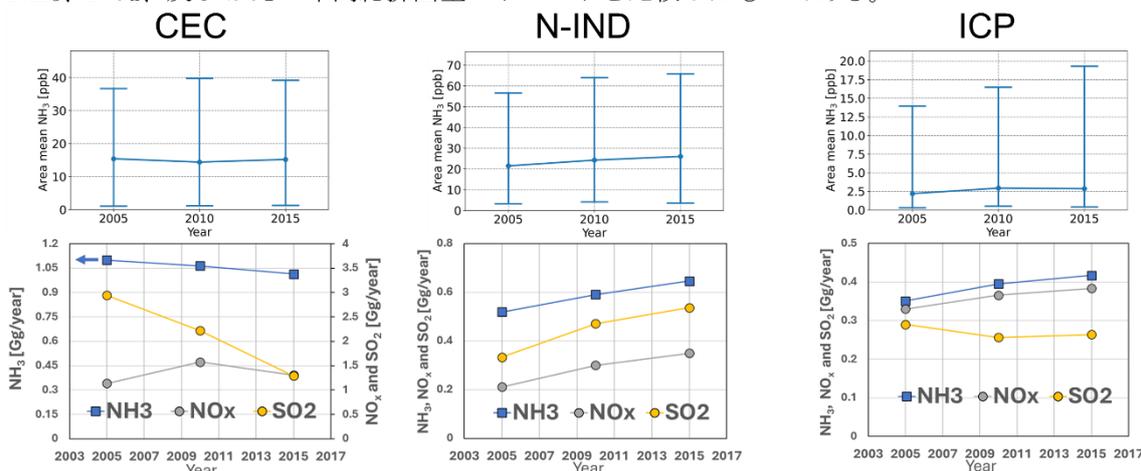


図4. (左) CEC、(中) N-IND、及び(右) ICPにおける、(上) 年間NH₃濃度平均値(エラーバーは領域内の各グリッドの平均値の最大値及び最小値を示す)、及び(下) 各領域内におけるNH₃、NO_x、SO₂の年間総排出量

CECのNH₃濃度は、2005年から2010年にかけてやや減少するが、2010年から2015年にかけてはやや増加する傾向を示した。排出量を見ると、SO₂は2005年以降減少が続いている一方、NO_xは2005年から2010年にかけては増加、2010年から2015年にかけて減少している。この結果、粒子となるNH₃が2005年から2010年では増加、2010年から2015年では減少していると考えられ、結果として気体としてのNH₃濃度が2010年ではやや減少し、2015年ではやや増加したと考えられる。一方、N-INDでは、NH₃、NO_x、SO₂排出量が全期間を通して増加しているが、NH₃の排出量が大きいいため、気体状NH₃が継続して増加傾向を示していると考えられる。ICPにおいては、2005年から2010年でNH₃及びNO_x排出量は増加しているのに対し、SO₂排出量は減少し、硫酸アンモニウムとなるNH₃の量が減少する事により、NH₃濃度がやや増加したと考えられる。2010年から2015年にかけては、NH₃、NO_x、SO₂の排出量はそれぞれ微増しているが、変化量が微小のため、NH₃の平均濃度もこの期間においては大きく変化しなかったものと考えられる。これらの結果により、NH₃濃度の変動における、中国、インド、東南アジアの地域差について理解が深められた。

【引用文献】

Zhu, L. et al., Atmos. Chem. Phys., 15, 12823–12843, <https://doi.org/10.5194/acp-15-12823-2015>, 2015.
 Xu, R. T. et al., GeoHealth, 2, 40–53, <https://doi.org/10.1002/2017GH000098>, 2018.
 Fu, X. et al., Atmos. Chem. Phys., 15, 6637–6649. <https://doi.org/10.5194/acp-15-6637-2015>, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kurokawa Junichi, Ohara Toshimasa	4. 巻 20
2. 論文標題 Long-term historical trends in air pollutant emissions in Asia: Regional Emission inventory in Asia (REAS) version 3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 12761 ~ 12793
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/acp-20-12761-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 黒川純一、桐山悠祐、佐藤啓市
2. 発表標題 アジアにおけるNH3排出インベントリとその不確実性要因
3. 学会等名 第24回大気化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桐山悠祐、黒川純一、佐藤啓市
2. 発表標題 衛星観測結果を用いた東南アジアのNH3変動解析
3. 学会等名 第60回大気環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桐山悠祐、黒川純一、佐藤啓市
2. 発表標題 東南アジアにおける衛星観測とCTMを用いたNH3の変動解析
3. 学会等名 第24回大気化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桐山悠祐、黒川純一、佐藤啓市
2. 発表標題 アンモニアの排出量データの差異がCTMシミュレーションに与える影響
3. 学会等名 第61回大気環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桐山悠祐、黒川純一、佐藤啓市
2. 発表標題 NH3双方向フラックスを考慮した東アジア域の大気質シミュレーション
3. 学会等名 第25回大気化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桐山悠祐、黒川純一、佐藤啓市
2. 発表標題 NH3双方向フラックスを導入したCMAQによる東アジアの大気質シミュレーション
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒川純一、佐藤啓市、桐山悠祐
2. 発表標題 アジアにおけるアンモニアの大気濃度と発生源の近年の状況
3. 学会等名 第49回大気環境学会近畿支部シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桐山悠祐、黒川純一、佐藤啓市
2. 発表標題 化学輸送モデルと双方向フラックスモデルを用いた東アジアの施肥由来NH3排出量の推計と既存インベントリとの比較
3. 学会等名 第63回大気環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桐山悠祐、黒川純一、佐藤啓市
2. 発表標題 大気中NH3 の経年変化と農業起源排出量の影響
3. 学会等名 第64回大気環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yusuke Kiriyama、Kurokawa Junichi、Keiichi Sato
2. 発表標題 Estimation of NH3 emissions from fertilizer application in the Asian region using Chemical Transport Model
3. 学会等名 10th International Conference on Acid Deposition (ACID RAIN 2020) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kurokawa Junichi、Keiichi Sato、Yusuke Kiriyama
2. 発表標題 Long-term historical trends of NH3 emissions in Asia
3. 学会等名 2023 International Conference on CMAS-Asia-Pacific (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 啓市 (Sato Keiichi) (00391110)	一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター・大気圏研究部・部長 (83102)	
研究分担者	桐山 悠祐 (Kiryama Yusuke) (30758628)	一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター・情報管理部・主任研究員 (83102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------