

## 2020年度正野賞の受賞者決まる

**受賞者：梅澤 拓**（国立環境研究所）

**研究業績：**メタン等の長寿命大気微量気体の動態解明に関する観測的研究

**選定理由：**

地球温暖化や大気汚染等の予測精度向上には、大気微量成分の輸送や放出・消滅過程を定量的に明らかにする必要がある。そのためには、濃度観測に加えて、関連する気体や、同位体の精密な測定が不可欠である。大気微量気体のうち、メタンは二酸化炭素に次いで重要な温室効果気体である。その大気中の濃度は2000年前後に一旦増加が停止したが、2007年以降は再び著しく増加した。それらの要因の解明に世界的な関心が寄せられ、精力的に研究されている。

梅澤 拓氏は、早くからメタン等大気微量気体成分の同位体比測定や航空機観測の重要性に着目して研究を行ってきた。特に独自の同位体比測定手法を開発し、観測的研究を中心に多くの成果を挙げ、また、国内外の様々な航空機観測プロジェクトに参画し、メタンだけでなくそれ以外の微量気体の動態解明についても先駆的業績を挙げてきた。

まず、東北大学において世界最高レベルの精度で大気メタンの安定炭素・水素同位体比を測定する手法を開発した〔業績1〕。この装置を東北大学の参加したアラスカ航空機キャンペーン観測〔業績2〕、日本航空の旅客機を利用した CONTRAIL プロジェクト〔業績3〕等で利用することで、メタン同位体比解析が、メタン放出源の理解に有効であることを示した。中でも、航空機観測データと大気化学輸送モデルを組み合わせることで、北西太平洋上空から日本上空にかけて夏季に出現する高濃度メタンが、南アジアや東アジアからの微生物起源放出の影響を強く受けていることを見いだした研究〔業績3〕や、世界最大の湿地である西シベリア低地においてメタンの化石燃料漏出と湿地放出の寄与が季節的に大きく変動することを明らかにした研究〔業績4〕は特筆すべき成果である。

世界の複数の機関でメタン同位体観測が実施されているが、データの統合利用が進んでいない状況から、梅澤氏の呼びかけで、メタンの安定炭素・水素同位体比スケールの研究グループ間の系統的差異に

ついて明らかにした〔業績5〕。この研究によって、技術的な課題が共有されたことで新たに相互比較計画が組織され、研究コミュニティの将来の方向性を与えるきっかけとなったことは大きな貢献であるといえる。

梅澤氏は、20年来標準的であった液体窒素を冷媒とするメタンの安定炭素同位体比測定システムを見直し、冷凍機を用いた大気メタン濃縮を行う革新的なシステムを開発した〔業績6〕。本研究は、アジア域での観測拡大を視野に、より効率的な分析の実現の期待に応えるものとなっている。

さらに日本上空の20年以上にわたるメタン濃度の長期データ解析から、対流圏各層におけるメタン変動を明らかにした〔業績7〕。梅澤氏によって作成されたこの長期解析データセットは航空機観測による世界最長のレコードとして、WMO 温室効果ガス世界資料センターを通して、大気化学輸送モデルの解析に、世界中で広く利用されている。

メタン以外では、自然起源のオゾン破壊物質である塩化メチルに注目し、対流圏内における塩化メチルの3次元分布を初めて統合的に解析し、熱帯に集中する放出源と、対流圏内の子午面輸送によって形成される特徴的な緯度分布を明らかにした〔業績8〕。北半球中高緯度の成層圏最下部における塩化メチルと一酸化二窒素の鉛直分布と季節変動を明らかにし、熱帯空気塊のトレーサーとしての塩化メチルの有用性を提案し、成層圏における塩化メチルの寿命を推定した〔業績9〕。本研究は、オゾン層の将来予測に資する特筆すべき成果である。

この他、インド・デリー上空の二酸化炭素の鉛直分布解析から、北インドでは人為排出、植生交換に加えて、集約農業が重要である事を示し、東アジアの炭素循環へのあらたな知見をもたらした〔業績10〕。さらにアジア太平洋域における二酸化炭素の解析からモンスーン循環と二酸化炭素変動の関連を解明し〔業績11〕、最近では CONTRAIL による世界主要都市上空の二酸化炭素の鉛直分布解析から、都市の二酸化炭素排出の影響を明瞭に見出し、都市の二酸化炭素排出の監視に民間航空機観測が有用であることを示した〔業績12〕。

これらの成果は、大気科学の発展に大きく貢献し

ていると評価される。以上の理由により、日本気象学会は梅澤 拓氏に2020年度正野賞を贈呈するものである。

#### 主な論文リスト

1. Umezawa, T., S. Aoki, T. Nakazawa and S. Morimoto, 2009: A high-precision measurement system for carbon and hydrogen isotopic ratios of atmospheric methane and its application to air samples collected in the Western Pacific region. *J. Meteor. Soc. Japan*, **87**, 365-379, doi:10.2151/jmsj.87.365.
2. Umezawa, T., S. Aoki, Y. Kim, S. Morimoto and T. Nakazawa, 2011: Carbon and hydrogen stable isotopic ratios of methane emitted from wetlands and wildfires in Alaska: Aircraft observations and bonfire experiments. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **116**, D15305, doi:10.1029/2010JD015545.
3. Umezawa, T., T. Machida, K. Ishijima, H. Matsueda, Y. Sawa, P. K. Patra, S. Aoki and T. Nakazawa, 2012: Carbon and hydrogen isotopic ratios of atmospheric methane in the upper troposphere over the Western Pacific. *Atmos. Chem. Phys.*, **12**, 8095-8113, doi:10.5194/acp-8095-2012.
4. Umezawa, T., T. Machida, S. Aoki and T. Nakazawa, 2012: Contributions of natural and anthropogenic sources to atmospheric methane variations over western Siberia estimated from its carbon and hydrogen stable isotopes. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **26**, GB4009, doi:10.1029/2011GB004232.
5. Umezawa, T., C. A. M. Brenninkmeijer, T. Röckmann, C. van der Veen, S. C. Tyler, R. Fujita, S. Morimoto, S. Aoki, T. Sowers, J. Schmitt, M. Bock, J. Beck, H. Fischer, S. E. Michel, B. H. Vaughn, J. B. Miller, J. W. C. White, G. Brailsford, H. Schaefer, P. Sperlich, W. A. Brand, M. Rothe, T. Blunier, D. Lowry, R. E. Fisher, E. G. Nisbet, A. L. Rice, P. Bergamaschi, C. Veidt and I. Levin, 2018: Interlaboratory comparisons of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta\text{D}$  measurements of atmospheric  $\text{CH}_4$  for combined use of data sets from different laboratories. *Atmos. Meas. Tech.*, **11**, 1207-1231, doi:10.5194/amt-11-1207-2018.
6. Umezawa, T., S. J. Andrews and T. Saito, 2020: A cryogen-free automated measurement system of stable carbon isotope ratio of atmospheric methane. *J. Meteor. Soc. Japan*, **98**, 115-127, doi:10.2151/jmsj.2020-007.
7. Umezawa, T., D. Goto, S. Aoki, K. Ishijima, P. K. Patra, S. Sugawara, S. Morimoto and T. Nakazawa, 2014: Variations of tropospheric methane over Japan during 1988-2010. *Tellus B*, **66**, 23837, doi:10.3402/tellusb.v66.23837.
8. Umezawa, T., A. K. Baker, D. Oram, C. Sauvage, D. O'Sullivan, A. Rauthe-Schöch, S. A. Montzka, A. Zahn and C. A. M. Brenninkmeijer, 2014: Methyl chloride in the upper troposphere observed by the CARIBIC passenger aircraft observatory: Large-scale distributions and Asian summer monsoon outflow. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **119**, 5542-5558, doi:10.1002/2013JD021396.
9. Umezawa, T., A. K. Baker, C. A. M. Brenninkmeijer, A. Zahn, D. E. Oram and P. F. J. van Velthoven, 2015: Methyl chloride as a tracer of tropical tropospheric air in the lowermost stratosphere inferred from IAGOS-CARIBIC passenger aircraft measurements. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **120**, doi:10.1002/2015JD023729.
10. Umezawa, T., Y. Niwa, Y. Sawa, T. Machida and H. Matsueda, 2016: Wintercrop  $\text{CO}_2$  uptake inferred from CONTRAIL measurements over Delhi, India. *Geophys. Res. Lett.*, **43**, doi:10.1002/2016GL070939.
11. Umezawa, T., H. Matsueda, Y. Sawa, Y. Niwa, T. Machida and L. Zhou, 2018: Seasonal evaluation of tropospheric  $\text{CO}_2$  over the Asia-Pacific region observed by the CONTRAIL commercial airliner measurements. *Atmos. Chem. Phys.*, **18**, 1-16, doi:10.5194/acp-18-14851-2018.
12. Umezawa, T., H. Matsueda, T. Oda, K. Higuchi, Y. Sawa, T. Machida and S. Maksyutov, 2020: Statistical characterization of urban  $\text{CO}_2$  emission signals observed by commercial airliner measurements. *Sci. Rep.*, **10**, 7963, doi:10.1038/s41598-020-64769-9.

受賞者：川瀬宏明（気象研究所）

研究業績：領域気候モデルを用いた日本の地域気候変化予測に関する研究

選定理由：

豪雨や豪雪、猛暑などの極端現象に対する地球温暖化の影響を評価することは、科学的にも社会的にも関心の高い重要な研究テーマである。温暖化に伴う気候変動を地球規模で理解するためには、地球全体を計算対象とする全球気候モデルが用いられる。一方、地域の詳細な気候を評価するためには、より空間分解能の高い領域気候モデルによるシミュレーションが不可欠である。川瀬宏明氏は、領域気候モデルを用いた多様なシミュレーションに基づき、実際に起こった極端現象に対する地球温暖化の影響、及び今後予測されている温暖化が進行した際の影響を定量的に評価し、多くの研究業績を挙げた。

川瀬氏は、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラムにおいて、自らも作成に携わった「地

球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) の水平20km 解像度領域気候モデルシミュレーション結果をいち早く解析し、日本及びその周辺地域における極端降雪の将来変化予測の研究を実施した [業績1]。その結果、北陸地方の内陸では地球温暖化に伴い総降雪量は減少する一方、10年に1度発生するような極端な日降雪量は増加することを明らかにした。その要因として、日本海寒帯気団収束帯や地形に伴う対流活動の強化を指摘した。さらに川瀬氏は、力学的ダウンスケーリングにより d4PDF の結果を 5 km、1 km まで高解像度化した領域気候モデルシミュレーションを実施し、より詳細な降雪・積雪の現在再現及び将来予測を実施した [業績2, 3]。その結果、北アルプス等の標高の高い地域では、地球温暖化の進行に伴い、厳冬期に多雪年は雪が増える一方、少雪年では減少し、雪の降り方がより極端化することを明らかにした。また、温暖化が進行した将来の日本の冬季降水量に関して、季節風の変化と低気圧活動の変化との関連が深い一方、低気圧活動の変化は実験間でばらつきが大きいことを示した [業績4]。上記に加えて、川瀬氏は、北アルプス等の現地での研究者と協力して積雪の観測を継続的に行っており [業績5, 6]、数値計算による研究と観測研究を繋ぐ努力をしている。また、全球気候モデルを用いた研究も実施しており [業績7, 8]、全球および領域気候モデルそれぞれの特性を理解し、全球と領域を繋ぐ研究を主導している。

さらに川瀬氏は、d4PDF の60km 解像度全球気候モデルの非温暖化実験データを20km 解像度にダウンスケーリングした結果を、現実条件の実験結果と比べ、これまでの温暖化が日本の豪雨頻度に及ぼした影響を評価した [業績9]。その結果、これまでの温暖化による極端降水の増加率には地域分布があり、九州では西部で増加率が大きく、一方の九州東部では小さいことを示した。さらに、全球気候モデル結果を基にその背景となる循環場を評価することで、極端降水の変化率が異なる要因が、豪雨をもたらすメカニズムの違いによることを突き止めた。また、特定の極端現象を対象として地球温暖化が及ぼす影響を評価するイベントアトリビューション研究では、平成30年7月の猛暑や、平成30年7月豪雨 [業績10] に対する地球温暖化の寄与を評価した。平成30年7月豪雨に対しては、近年の気温上昇で平均

6.7%程度降水量が増加したことを指摘する一方、大気の安定度も変化するために、単純な気温と水蒸気量の関係 (クラウドジウス・クラペイロンの関係) では決まらないことも指摘した。また、川瀬氏は、擬似温暖化ダウンスケーリング手法をさまざまな事例に応用し、その有用性及び発展性を示した [業績11, 12]。

川瀬氏が作成に携わった地域気候予測データは、気象分野のみならず、土木、生態系等の分野で利用されている。特に、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) 及び前身の気候変動適応研究推進プログラム (RECCA) の枠組みにおいて、自治体の気候変動適応計画の策定のために、地域気候変動予測の結果及び科学的知見を提供し、実際の現場で利用され始めている。川瀬氏の研究はこれら応用分野の研究者に高く評価されており、また地球温暖化に伴う気候変動予測に対する一般社会への貢献も顕著である。

以上の川瀬氏の多方面に及ぶ研究は、国内外の研究者に高く評価されている。以上の理由により、日本気象学会は川瀬宏明氏に2020年度正野賞を贈呈するものである。

#### 主な論文リスト

1. Kawase, H., A. Murata, R. Mizuta, H. Sasaki, M. Nosaka, M. Ishii and I. Takayabu, 2016: Enhancement of heavy daily snowfall in central Japan due to global warming as projected by large ensemble of regional climate simulations. *Climatic Change*, 139, 265-278, doi:10.1007/s10584-016-1781-3.
2. Kawase, H., T. Yamazaki, S. Sugimoto, T. Sasai, R. Ito, T. Hamada, M. Kuribayashi, M. Fujita, A. Murata, M. Nosaka and H. Sasaki, 2020: Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan. *Prog. Earth Planet. Sci.*, 7, 10. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-0322-x>.
3. Kawase, H., T. Sasai, T. Yamazaki, R. Ito, K. Dairaku, S. Sugimoto, H. Sasaki, A. Murata and M. Nosaka, 2018: Characteristics of synoptic conditions for heavy snowfall in western to northeastern Japan analyzed by the 5-km regional climate ensemble experiments. *J. Meteor. Soc. Japan*, 96, 161-178.
4. Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, M. Nosaka and N. N. Ishizaki, 2015: Future changes in winter precipitation around Japan projected by ensemble experiments

- using NHRCM. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**, 571–580.
5. Kawase, H., A. Yamazaki, H. Iida, K. Aoki, H. Sasaki, A. Murata and M. Nosaka, 2018: Simulation of extremely small amounts of snow observed at high elevations over the Japanese Northern Alps in the 2015/16 winter. *SOLA*, **14**, 39–45, doi:10.2151/sola.2018-007.
  6. Kawase, H., C. Suzuki, N. N. Ishizaki, F. Uno, H. Iida and K. Aoki, 2015: Simulations of monthly variation in snowfall over complicated mountainous areas around Japan's Northern Alps. *SOLA*, **11**, 138–143, doi:10.2151/sola.2015-032.
  7. Kawase, H., T. Takemura and T. Nozawa, 2011: Impact of carbonaceous aerosol on precipitation in tropical Africa during austral summer in 20th Century. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **116**, D18116, doi:10.1029/2011JD015933.
  8. Kawase, H., T. Nagashima, K. Sudo and T. Nozawa, 2011: Future changes in tropospheric ozone under Representative Concentration Pathways (RCPs). *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L05801, doi:10.1029/2010GL046402.
  9. Kawase, H., Y. Imada, H. Sasaki, T. Nakaegawa, A. Murata, M. Nosaka and I. Takayabu, 2019: Contribution of historical global warming to local-scale heavy precipitation in western Japan estimated by large ensemble high-resolution simulations. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **12**, 6093–6103.
  10. Kawase, H., Y. Imada, H. Tsuguti, T. Nakaegawa, N. Seino, A. Murata and I. Takayabu, 2019: The heavy rain event of July 2018 in Japan enhanced by historical warming. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, **101**, doi:10.1175/BAMS-D-19-0173.1.
  11. Kawase, H., M. Hara, T. Yoshikane, N. N. Ishizaki, F. Uno, H. Hatsushika and F. Kimura, 2013: Altitude dependency of future snow cover changes over Central Japan evaluated by a regional climate model. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **118**, doi:10.1002/2013JD020429.
  12. Kawase, H., T. Yoshikane, M. Hara, B. Ailikun, F. Kimura, T. Yasunari, T. Inoue and H. Ueda, 2009: Inter-model variability of future changes in the Baiu rainband estimated by the pseudo global warming downscaling method. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **114**, D24110, doi:10.1029/2009JD011803.
-