

2019 年度堀内賞の受賞者

受賞者：金谷有剛（海洋研究開発機構）

研究業績：分光学的手法を用いた観測によるアジア大気汚染の統合的理解の推進

選定理由：

大気化学は、地球大気中の微量化学成分の放出、輸送と化学的変質、乾性・湿性沈着による大気からの除去プロセスなどを研究対象とし、気候変動や人間の健康影響などの社会的課題を解明する上で重要な学問分野である。近年、アジアにおける急速な経済発展を契機として、この地域における大気汚染物質としてのオゾン、窒素酸化物やエアロゾルの動態、およびそれらの短寿命気候汚染物質(SLCF)としての気候変動への影響に強い関心が寄せられ、気象学・気候学と大気化学がリンクした将来予測研究が国際的にも大きな注目を浴びている。

こうした背景の下、金谷氏は、分光学的な手法を駆使した大気観測により、他の手法では達成出来ない重要な成果を大気化学研究において成し遂げてきた。まず初期の研究において、対流圏大気化学反応の際に重要な役割を演じているOH、HO₂ラジカルのレーザー誘起蛍光法による直接測定装置を開発し、隠岐、沖縄、利尻などの離島における観測結果を大気化学反応モデルと比較した。その結果、従来の反応モデルには、ヨウ素の反応やエアロゾル表面上でのHO₂ラジカルの取り込みなどいくつかの未知の過程が抜けていることを指摘し、この分野のその後の国際的な研究に一石を投じた[業績 7,8]。特に中国の泰山で採取したエアロゾル粒子によるHO₂ラジカルの取り込み係数の定量化などは、最近のエアロゾル研究への関心の高まりとも相まって注目されている[5]。

次に金谷氏は、新たな分光学的手法として太陽光を光源とした差分吸収分光計測装置(MAX-DOAS)を開発し、これを用いて我が国の数地点以外に中国の合肥、韓国の光州、ロシアのトムスクなどへ対流圏 NO₂ カラム濃度の国際地上観測網を展開した。現在、その 10 年以上にわたる地上データは衛星観測データの検証で欠かせない役割を果たしている[3]。特に OMI 衛星による対流圏 NO₂ カラム濃度計測の過小評価を指摘し、共存するエアロゾルの影響が大きい可能性を、十分な統計量を持つデータを用いて初めて明らかにした。これらの成果から、MAX-DOAS は最新の TROPOMI 衛星 や今後の GEMS 静止衛星の検証での役割も期待されている。

これらの研究を踏まえて金谷氏は、国際協力に基づく中国・韓国での総合集中観測や、長崎県西方・五島列島福江島での10年規模長期観測、さらには海洋地球研究船「みらい」での継続観測などを企画主導し、オゾンやエアロゾルとそれらの関連物質であるNO₂などの総合的観測研究とその解析を進めてきた[1,2]。特に中国泰山における観測研究では、この地域における初夏の大気汚染ピークには化石燃料燃焼だけでなく、農業残渣の大規模燃焼の寄与が大きいことを世界に先駆けて指摘し

[6], Atmospheric Chemistry and Physics誌で特集号"The Mount Tai Experiment 2006 (MTX2006): regional ozone photochemistry and aerosol studies in Central East China"を刊行し、全体の総説も含め、12報の論文を著していることが特筆される[4]。福江島における観測からは、当時社会的に大きく取り上げられたPM2.5の越境汚染について、観測とモデルの複合解析から「PM2.5 越境汚染の寄与は西日本で通年6割」とする結果を提示し[9]、環境省の政策指針となるだけでなく、その重要性を地方自治体や国民にも広く浸透させてきた。

以上のように金谷氏は、(1) レーザー誘起蛍光法によるOH、HO₂ ラジカル直接測定装置の開発と観測、(2) MAX-DOASの開発と対流圏NO₂ カラム濃度の観測およびその国際展開、衛星観測の検証、(3) 最新の観測技術を駆使したプロジェクトの推進とそれに基づく反応性大気汚染物質の排出や変質、挙動に関する統合的な理解、において優れた成果を多く生み出してきた。これらの成果が評価され、金谷氏は気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の次期評価報告書第一作業部会に新設されたSLCF チャプターのレビューエディターに選出されている。また、国際オゾンコミッション(IO3C)の委員を2012年から、大気化学と地球汚染に関する委員会(iCACGP)のリエゾン委員を2019年から務めているほか、ドイツの専用航空機によるアジア上空観測(EMeRGe-Asia, 2018年)の国内とりまとめの役目も果たし、国際貢献度の点でも高く評価されている。さらに、日本気象学会においては、「オゾン研究連絡会」の場を活用して物質循環研究の科学的な知見交換やコミュニティの醸成をリードするとともに、気象庁では世界気象機関/全球大気監視計画(WMO/GAW)に伴う品質評価科学活動委員会の委員を務めるなどの点で指導力を発揮している。

以上のように、近年、気象学・気候学で重要性が高まりつつある短寿命気候汚染物質(SLCF)を中心とするアジア大気汚染過程解明において、金谷氏の研究は顕著な功績があったことが認められ、これを高く評価する。

以上の理由により、日本気象学会は金谷有剛氏に2019年度堀内賞を贈呈するものである。

主な論文リスト

1. Kanaya, Y., Pan, X., Miyakawa, T., Komazaki, Y., Taketani, F., Uno, I., and Kondo, Y.: Long-term observations of black carbon mass concentrations at Fukue Island, western Japan, during 2009–2015: constraining wet removal rates and emission strengths from East Asia, Atmos. Chem. Phys., 16, 10689–10705, doi:10.5194/acp-16-10689-2016, 2016a.
2. Kanaya, Y., H. Tanimoto, Y. Yokouchi, F. Taketani, Y. Komazaki, H. Irie, H. Takashima, S. Inomata, Diagnosis of Photochemical Ozone Production Rates and Limiting Factors in Continental Outflow Air Masses Reaching Fukue Island, Japan:

- Ozone-Control Implications, *Aerosol and Air Quality Res.*, 16, 430-441, DOI: 10.4209/aaqr.2015.04.0220, 2016b.
3. Kanaya, Y., Irie, H., Takashima, H., Iwabuchi, H., Akimoto, H., Sudo, K., Gu, M., Chong, J., Kim, Y. J., Lee, H., Li, A., Si, F., Xu, J., Xie, P.-H., Liu, W.-Q., Dzhola, A., Postlyakov, O., Ivanov, V., Grechko, E., Terpugova, S., and Panchenko, M.: Long-term MAX-DOAS network observations of NO₂ in Russia and Asia (MADRAS) during 2007–2012: instrumentation, elucidation of climatology, and comparisons with OMI satellite observations and global model simulations, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 7909-7927, doi:10.5194/acp-14-7909-2014, 2014.
 4. Kanaya, Y., Akimoto, H., Wang, Z.-F., Pochanart, P., Kawamura, K., Liu, Y., Li, J., Komazaki, Y., Irie, H., Pan, X.-L., Taketani, F., Yamaji, K., Tanimoto, H., Inomata, S., Kato, S., Suthawaree, J., Okuzawa, K., Wang, G., Aggarwal, S. G., Fu, P. Q., Wang, T., Gao, J., Wang, Y., and Zhuang, G.: Overview of the Mount Tai Experiment (MTX2006) in Central East China in June 2006: studies of significant regional air pollution, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 8265-8283, 2013.
 5. Taketani, F., Kanaya, Y., Pochanart, P., Liu, Y., Li, J., Okuzawa, K., Kawamura, K., Wang, Z., and Akimoto, H.: Measurement of overall uptake coefficients for HO₂ radicals by aerosol particles sampled from ambient air at Mts. Tai and Mang, China, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 11907–11916, 2012.
 6. Kanaya, Y., P. Pochanart, Y. Liu, J. Li, H. Tanimoto, S. Kato, J. Suthawaree, S. Inomata, F. Taketani, K. Okuzawa, K. Kawamura, H. Akimoto, and Z. F. Wang, Rates and regimes of photochemical ozone production over Central East China in June 2006: A box model analysis using comprehensive measurements of ozone precursors, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 7711-7723, 2009.
 7. Kanaya, Y., Matsumoto, J., Kato, S., and Akimoto, H.: Behavior of OH and HO₂ radicals during the observations at a remote island of Okinawa (ORION99) campaign 2. Comparison between observations and calculations, *J. Geophys. Res.*, 106, 24,209-24,223, 2001.
 8. Kanaya, Y., Yokouchi, Y., Matsumoto, J., Nakamura, K., Kato, S., Tanimoto, H., Furutani, H., Toyota, K., and Akimoto, H.: Implication of iodine chemistry for daytime HO₂ levels at Rishiri Island, *Geophys. Res. Lett.*, 29, doi:10.1029/2001GL014061, 2002.
 9. 金谷 有剛, 日本の PM2.5 はどこからくるのか～越境汚染の寄与をさぐる～, 環境省中央環境審議会 微小粒子状物質等専門委員会 (第2回) 資料, 2014. <https://www.env.go.jp/council/07air-noise/y078-02a.html>