

2018年度堀内賞の受賞者決まる

受賞者：鶴田治雄（リモート・センシング技術センター）

研究業績：大気化学的知見を用いた大気環境保全技術の開発への貢献

選定理由：

大気化学分野では、グローバルな気候変動の把握と影響解明に向けた温室効果気体のモニタリング調査、あるいは都市規模の大気汚染に関わる化学物質の計測と発生源の探索、さらに最近では、原子力発電所の事故に見られるような人為的なイベントにともなう放射性物質の動態に関する測定調査など、広範な時間空間スケールを持つ様々な事象を対象にした観測的研究が現象の実態把握の観点から重要である。鶴田治雄氏は、横浜市公害対策局・横浜市公害研究所・農業環境技術研究所・東京大学大気海洋研究所・リモート・センシング技術センターに勤務するかたわら、それぞれの時代で社会問題となった主要な課題に対して自ら積極的に挑戦し、大気化学分野での長年の観測的調査を通して、複数の分野を結びつける顕著な成果を得てきた。

まず、最近の大きな貢献としては、大気汚染観測網で得られた浮遊粒子状物質（SPM：Suspended Particulate Matter）試料等を用いた原発事故対応をあげることができる。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震にともなって福島第一原子力発電所の事故が起こり、大量の放射性物質が大気中に放出された。鶴田氏は、日本地球惑星科学連合により開始された大気中の放射性物質測定に関する緊急対応調査を日本放射化学会などと共同で実施し、さらに文部科学省が緊急で実施した福島県内の土壤を中心とする放射性物質マップ調査にも参加して、放置すれば失われてしまう初期の調査データの収集に努めた。特に画期的な成果は、同氏が発案した世界初となるSPM試料を用いた放射性物質の大気中濃度の復元法である〔業績4〕。

鶴田氏は、横浜市公害対策局などでの経験をもとに、「大気汚染常時監視網でのSPM測定器で使用された大気採取済みテープろ紙の放射能分析をすれば、事故直後の放射性物質の大気中濃度に関する時空間分布を解明できる」と文部科学省と環境省に対して粘り強く働きかけ研究事業を実現した。その結果、首都大学東京等と協力して、ろ紙中の放射性物

質の毎時の定量測定法を世界で初めて確立した。この研究では、本来、廃棄することになっていたテープろ紙を関係機関から提供してもらい、2012年から本格的な分析と解析を開始した〔11〕。現在、福島県を中心とした約150のSPM地点で、2011年3月12-23日の期間、1時間毎の放射性セシウム大気濃度が得られており、その解析およびデータ集論文〔3〕は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会の2015年と2016年の白書で、「今後の大気中への放出・拡散・沈着の分野で必要な研究に大きな貢献をする出版物」と評価されたことは特筆される。さらに大気輸送モデルの検証データとしても用いられ、モデルの高度化に貢献している〔2〕。現在、福島第一原発近傍2地点での貴重なテープろ紙の分析と解析が行われており、原発周辺での放射性物質輸送の実態が明らかになりつつある〔1〕。

また、鶴田氏は旧農業環境技術研究所に在職中に、旧環境庁がIPCCに提出する日本の温室効果ガス排出量を初めて策定する検討会に参画して、農耕地からの温室効果ガス排出の測定と制御技術の開発に貢献した。それまでデータがほとんどなかった日本とアジアの農耕地からのメタンと亜酸化窒素の排出実態調査、およびそれらの排出量推定とその制御技術に関する調査研究を責任者の一人として主導した〔9, 10〕。特に、中国、タイ、インドネシア、インドなどのアジア各国での調査研究を現地の研究者と協働して進め、これらの国々における排出の実態を初めて解明して排出量を推定するとともに、その発生要因の研究と排出抑制技術の開発を行った〔8〕。特に、微生物学、農学、土壤肥科学などの分野の研究者との協働により、微生物起源の排出評価の改良を行った〔5, 6, 7〕。2002年からの4年間には、国連気候変動枠組条約の農業分野の専門家として、各国の排出量推計が正しく行われたかを審査する審査団に参加し、各国に問題点を指摘し勧告を行った。これらの技術は、その後の改良を経て算定手法として確立され、各国の排出インベントリ作成に使用されており、その後の地球温暖化研究と対策に貢献している。

さらに、研究はアジア域の大気汚染にも向けられた。日本の首都圏だけでなく、アジアでは1990年代

から急速な都市化および工業化にともない大量の汚染物質が大気中に排出され、越境汚染や気候変動に及ぼす影響が問題となってきた。この現象の気候影響を把握するための観測計画などに参加して、アジア域での広域大気汚染現象の把握とその光学特性について測定・解析を行い、実態解明に貢献した[12]。特に、酸性雨の成因や局地風循環など輸送過程の解明について、実測データに基づく研究で大きな貢献を果たした。

以上のように、鶴田氏は長年にわたって大気化学の立場から大気環境問題の研究に取り組み、その保全技術の開発に大きく貢献してきた。

以上の理由により、日本気象学会は鶴田治雄氏に2018年度堀内賞を贈呈するものである。

主な論文リスト

1. Tsuruta, H., Y. Oura, M. Ebihara, Y. Moriguchi, T. Ohara and T. Nakajima, 2018: Time-series analysis of atmospheric radiocesium at two SPM monitoring sites near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant just after the Fukushima accident on March 11, 2011. *Geochem. J.*, **52**, 103-121.
2. Nakajima, T., S. Misawa, Y. Morino, H. Tsuruta, D. Goto, J. Uchida, T. Takemura, T. Ohara, Y. Oura, M. Ebihara and M. Satoh, 2017: Model depiction of the atmospheric flows of radioactive cesium emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. *Prog. Earth Planet. Sci.*, **4**, doi:10.1186/s40645-017-0117-x.
3. Oura, Y., M. Ebihara, H. Tsuruta, T. Nakajima, T. Ohara, M. Ishimoto, H. Sawahata, Y. Katsumura and W. Nitta, 2015: A database of hourly atmospheric concentrations of radiocesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) in suspended particulate matter collected in March 2011 at 99 air pollution monitoring stations in eastern Japan. *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, **15**, doi:10.14494/jnrs.15.2_1.
4. Tsuruta, H., Y. Oura, M. Ebihara, T. Ohara and T. Nakajima, 2014: First retrieval of hourly atmospheric radionuclides just after the Fukushima accident by analyzing filter-tapes of operational air pollution monitoring stations. *Sci. Rep.*, **4**, 6717, doi:10.1038/srep06717.
5. McTaggart, I. P. and H. Tsuruta, 2003: The influence of controlled release fertilisers and the form of applied fertiliser nitrogen on nitrous oxide emissions from an andosol. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **67**, 47-54.
6. Akiyama, H. and H. Tsuruta, 2003: Effect of organic matter application on N_2O , NO , and NO_2 fluxes from an Andisol field. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **17**, 1100, doi:10.1029/2002GB002016.
7. Xu, H., Z. C. Cai, Z. J. Jia and H. Tsuruta, 2000: Effect of land management in winter crop season on CH_4 emission during the following flooded and rice-growing period. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **58**, 327-332.
8. Cai, Z.C., H. Tsuruta and K. Minami, 2000: Methane emission from rice fields in China: Measurements and influencing factors. *J. Geophys. Res.*, **105**, 17231-17242.
9. Tsuruta, H., K. Kanda and T. Hirose, 1997: Nitrous oxide emission from a rice paddy field in Japan. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **49**, 51-58.
10. Kanno, T., Y. Miura, H. Tsuruta and K. Minami, 1997: Methane emission from rice paddy fields in all of Japanese prefecture: Relationship between emission rates and soil characteristics, water treatment and organic matter application. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **49**, 147-151.
11. 鶴田治雄, 大浦泰嗣, 海老原 充, 森口祐一, 大原利真, 中島映至, 2017: 東電福島第一原子力発電所事故直後の東日本における放射性セシウムの時空間分布—大気環境常時測定局のSPM計の使用済みテープろ紙分析データの解析—. *エアロゾル研究*, **32**, 244-254.
12. 鶴田治雄, 矢吹正教, 2008: 奄美大島の春季における大気エアロゾルの化学組成と光学特性. *気象研究ノート*, (218), 45-66.

受賞者：芳村 圭（東京大学生産技術研究所）

研究業績：観測とモデルによる同位体水文気象学に関する研究

選定理由：

地球表層における水の動きは、大気や海洋の大循環、メソスケールから局地の気象現象、さらには大気と陸面の間の相互作用に支配的な影響を与える。水は人間の生存に不可欠な資源でもあり、水を扱う学問（例えば水文学）は学際性と応用性が高い分野である。地球上に遍在する水の起源や移動を把握することは簡単ではないが、古気候の解明、将来の気候変動予測、台風や豪雨などの気象災害の予報、さらに安全かつ持続可能な社会の設計において、水の収支と動態を精確に把握することは極めて重要である。

芳村 圭氏は、大学院在学時より東京大学生産研

で勤務する現在まで、同位体を用いた水循環の解明に着目しこの分野を先導する地位を若くして確立している。水の安定同位体比の測定に関しては、2000年代以降、分光分析を用いた測定技術が開発されて広域をカバーする観測データの質と量が飛躍的に向上した。また、水の同位体比を陽に陸面過程や大循環モデルに組み込んだ同位体モデルも同時期に開発され始めた。芳村氏は、このような動向の中で国内の同位体水文気象分野を牽引し、独自の研究を展開して世界的にインパクトのある業績をあげ、多数の論文に結実させてきた。

分光分析を用いた研究では、水文・気象モデルの高度化やメカニズム解明につながる重要な課題に取り組んでいる。例えば、独立した2機の人工衛星に搭載された分光計による水蒸気同位体比分布を用いて、雲粒や雨滴からの再蒸発過程に伴う同位体交換が、特に西部太平洋および海洋大陸における対流圏中層の水蒸気同位体比に影響を与えていることを明らかにした〔業績13〕。また、同じく衛星搭載分光計で観測された鉛直柱の水蒸気同位体比を用いて、サヘルにおける乾燥気塊の鉛直輸送過程の解明に貢献した〔15〕。さらに、つくば市真瀬の水田において、水蒸気同位体比高頻度連続観測システムを導入し、観測データに基づいて陸面から大気への水蒸気フラックスに占める植生由来の蒸散の寄与を分離評価することに成功した〔3〕（植生がCO₂同位体を与える研究にも寄与している〔12〕）。

同位体比を導入したモデル研究では、さらに本質的な貢献を為している。1980年代までこの種のモデルの主目的は古気候研究であり、現在の短時間スケールの気象現象を再現することは難しかった。芳村氏は、従来の大気モデルには水平方向の水蒸気輸送の扱いに問題があることを指摘し、鉛直一層での水平移流のみを扱うモデルで東南アジア域の降水同位体比における日単位変動を再現できることを示した〔21〕。観測とモデルの融合分野としてデータ同化は気象学で重要な位置を占めているが、芳村氏は同位体を組み込んだ大気大循環モデル（AGCM）にスペクトルナudging適用を試みている〔17〕。さらに、同位体AGCMと水蒸気同位体観測を用いた理想的なデータ同化実験を行い、水蒸気の輸送や相変化を含む水文過程は一般気象観測だけでは拘束することが難しかったが、同位体情報に基づいて総観気象場を拘束することが可能なことを示した〔7〕。

このような水蒸気同位体比のデータ同化は、短期気象予報スキルの向上をもたらすだけでなく、古気候的時間スケールでの気候再現性〔2, 8〕など幅広い可能性を持つ画期的な成果である。同位体水文気象の研究にデータ同化を持ち込むことで、同位体比の観測事実と気象現象をより直接的に結びつけて解釈できるようになり、観測によるモデル再現性向上の効果を定量的に評価することも可能となった〔7, 11, 14〕。水文気象的要素に同位体情報を加えたデータ同化出力は「同位体再解析」と呼ばれており、気象学を含む多数の研究分野に利用されている。

芳村氏の特筆すべき点として、上記のような同位体水文気象学に軸足を置きつつも、その範疇に留まらない幅広い研究活動や社会貢献があげられる。国内の主要な気候モデル（MIROCやNICAM）で使用されている陸面過程スキームであるMATSIROとその後継モデルの開発と管理を担当し〔1, 6, 20〕、多分野にまたがる国内の陸域モデル研究コミュニティをリードする役割を果たしている。また応用面でも、気候変動への適応において豪雨などの極端気象を扱う際に鍵となる気象場の力学的ダウンスケーリング手法の開発〔9, 10, 16, 19〕、洪水の現地調査と数値予報改善への取り組み〔18, 22, 23〕、領域大気海洋モデルの開発〔4, 10〕など、精力的な活動を展開している。日本気象学会（気象集誌の総説〔5〕、気象研究ノート）や日本地球惑星科学連合においては研究発表やセッション企画を精力的に行い、国内外のプロジェクト、WCRPやIAEAなどでの国際的活動も目覚ましいものがある。

以上のように芳村氏は、同位体情報を導入した水文気象学分野において観測とモデル、そしてデータ同化により顕著な業績を挙げ、学際的な研究分野を開拓・牽引する気鋭の研究者として多大の貢献を行ってきた。

以上の理由により、日本気象学会は芳村 圭氏に2018年度堀内賞を贈呈するものである。

主な論文リスト

1. Nitta, T., K. Yoshimura and A. Abe-Ouchi, 2017: Impact of arctic wetlands on the climate system: Model sensitivity simulations with the MIROC5 AGCM and a snow-fed wetland scheme. J.

- Hydrometeor., 18, 2923–2936.
2. Okazaki, A. and K. Yoshimura, 2017: Development and evaluation of a system of proxy data assimilation for paleoclimate reconstruction. *Clim. Past*, 13, 379–393.
 3. Wei, Z., K. Yoshimura, L. Wang, D. Miralles, S. Jasechko and X. Lee, 2017: Revisiting the contribution of transpiration to global terrestrial evapotranspiration. *Geophys. Res. Lett.*, 44, 2792–2801.
 4. Ham, S., K. Yoshimura and H. Li, 2016: Historical dynamical downscaling for East Asia with the atmosphere and ocean coupled regional model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 94A, 199–208.
 5. Yoshimura, K., 2015: Stable water isotopes in climatology, meteorology, and hydrology: A review. *J. Meteor. Soc. Japan*, 93, 513–533.
 6. Nitta, T., K. Yoshimura, K. Takata, R. O'ishi, T. Sueyoshi, S. Kanae, T. Oki, A. Abe-Ouchi and G. E. Liston, 2014: Representing variability in subgrid snow cover and snow depth in a global land model: Offline validation. *J. Climate*, 27, 3318–3330.
 7. Yoshimura, K., T. Miyoshi and M. Kanamitsu, 2014: Observation system simulation experiments using water vapor isotope information. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 7842–7862.
 8. Liu, Z., K. Yoshimura, G. J. Bowen, N. H. Buening, C. Risi, J. M. Welker and F. Yuan, 2014: Paired oxygen isotope records reveal modern North American atmospheric dynamics during the Holocene. *Nature Commun.*, 5, 3701, doi:10.1038/ncomms4701.
 9. Yoshimura, K. and M. Kanamitsu, 2013: Incremental correction for the dynamical downscaling of ensemble mean atmospheric fields. *Mon. Wea. Rev.*, 141, 3087–3101.
 10. Li, H., M. Kanamitsu, S.-Y. Hong, K. Yoshimura, D.R. Cayan and V. Misra, 2014: A high-resolution ocean-atmosphere coupled downscaling of the present climate over California. *Clim. Dyn.*, 42, 701–714.
 11. Gimeno, L., A. Stohl, R. M. Trigo, F. Dominguez, K. Yoshimura, L. Yu, A. Drumond, A. M. Durán-Quesada and R. Nieto, 2012: Oceanic and terrestrial sources of continental precipitation. *Rev. Geophys.*, 50, RG4003, doi:10.1029/2012RG000389.
 12. Welp, L. R., R. F. Keeling, H. A. J. Meijer, A. F. Bollenbacher, S. C. Piper, K. Yoshimura, R. J. Francey, C. E. Allison and M. Wahlen, 2011: Interannual variability in the oxygen isotopes of atmospheric CO₂ driven by El Niño. *Nature*, 477, 579–582.
 13. Yoshimura, K., C. Frankenberg, J. Lee, M. Kanamitsu, J. Worden and T. Röckmann, 2011: Comparison of an isotopic atmospheric general circulation model with new quasi-global satellite measurements of water vapor isotopologues. *J. Geophys. Res.*, 116, D19118, doi:10.1029/2011JD016035.
 14. Yoshimura, K., M. Kanamitsu and M. Dettinger, 2010: Regional downscaling for stable water isotopes: A case study of an atmospheric river event. *J. Geophys. Res.*, 115, D18114, doi:10.1029/2010JD014032.
 15. Frankenberg, C., K. Yoshimura, T. Warneke, I. Aben, A. Butz, N. Deutscher, D. Griffith, F. Hase, J. Notholt, M. Schneider, H. Schrijver and T. Röckmann, 2009: Dynamic processes governing lower-tropospheric HDO/H₂O ratios as observed from space and ground. *Science*, 325, 1374–1377.
 16. Yoshimura, K. and M. Kanamitsu, 2009: Specification of external forcing for regional model integrations. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 1409–1421.
 17. Yoshimura, K., M. Kanamitsu, D. Noone and T. Oki, 2008: Historical isotope simulation using Reanalysis atmospheric data. *J. Geophys. Res.*, 113, D19108, doi:10.1029/2008JD010074.
 18. Yoshimura, K., T. Sakimura, T. Oki, S. Kanae and S. Seto, 2008: Toward flood risk prediction: a statistical approach using a 29-year river discharge simulation over Japan. *Hydrol. Res. Lett.*, 2, 22–26.
 19. Yoshimura, K. and M. Kanamitsu, 2008: Dynamical global downscaling of global reanalysis. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 2983–2998.
 20. Yoshimura, K., S. Miyazaki, S. Kanae and T. Oki, 2006: Iso-MATSIRO, a land surface model that incorporates stable water isotopes. *Glob. Planet. Change*, 51, 90–107.
 21. Yoshimura, K., T. Oki, N. Ohte and S. Kanae, 2003: A quantitative analysis of short-term ¹⁸O variability with a Rayleigh-type isotope circulation model. *J. Geophys. Res.*, 108, 4647, doi:10.1029/2003JD003477.
 22. 芳村 圭, 中村晋一郎, 鳩野美佐子, 向田清峻, 石塚悠太, 内海信幸, 木口雅司, 金炯俊, 乃田啓吾, 牧野達哉, 鼎 信次郎, 沖 大幹, 2016: 平成27年9月関東・東北豪雨による茨城県常総市における鬼怒川洪水に関する調査及び考察. 土木学会論文集 B1 (水工学), 72, I_1273–I_1278.
 23. 藪 優太郎, 芳村 圭, H. Kim, 新田友子, 鳩野美佐子, 石塚悠太, 向田清峻, 可知美佐子, 沖 大幹, 2017: 1 km 解像度陸面モデルによる河川流量の検証. 土木学会論文集 G (環境), 73, I_71–I_79.