

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2012～2016

課題番号：24221001

研究課題名(和文) 東アジア・北太平洋における有機エアロゾルの組成・起源・変質と吸湿特性の解明

研究課題名(英文) Composition, origin, transformation and hygroscopic properties of organic aerosols in East Asia and the North Pacific

研究代表者

河村 公隆 (KAWAMURA, Kimitaka)

中部大学・中部高等学術研究所・教授

研究者番号：70201449

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 167,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では人間活動の影響を強く受ける東アジアとその風下域である西部北太平洋の大気エアロゾルに着目し、その化学組成を炭素・窒素、カルボン酸等有機分子、同位体、無機イオンレベルで明らかにした。無機・有機エアロゾルの生成・起源・変質機構を解明した結果、西部北太平洋のエアロゾルは、2006年以降硫酸塩濃度が増加から減少に転じたのに対し、有機物は増加傾向にあることが明らかとなった。その理由として中国の石炭火力発電所における硫黄排出量の削減と麦わらの野焼き等バイオマス燃焼の増加が考えられる。また、エアロゾル粒子の吸湿特性は、黄砂由来のカルシウムとシュウ酸の不溶性塩形成反応により春に減少傾向を示した。

研究成果の概要(英文)： In this project, we studied chemical compositions of atmospheric aerosols from East Asia and its outflow regions in the western North Pacific at levels of carbon, nitrogen, organic molecules including carboxylic acids, isotopes and inorganic ions. We found a decline of sulfate concentrations after 2006 due to the sulfur emission control in China, but organic aerosols showed a continuous increase from 2001 to 2013. This increase of organics is largely involved with the emissions of biomass burning of agriculture wastes such as wheat straw in China and other Asian countries. Those trends are consistent with an increase in the biomass-burning tracers such as levoglucosan in the marine aerosols.

Hygroscopic properties of aerosol particles were measured for remote marine aerosols. We found that growth factors of marine aerosols are decreased when Asian dusts (Kosa) are transported over the ocean due to the formation of water-insoluble calcium oxalate in spring.

研究分野：地球化学・大気化学

キーワード：大気微粒子 有機エアロゾル 東アジア 北太平洋 化学組成 長期変動 吸湿特性 硫酸塩

1. 研究開始当初の背景

エアロゾルは、太陽光を吸収・反射するとともに、凝結核(CCN)として雲形成に関与することから、気候システムを構成する重要な要素である。大気中には揮発性有機物(VOC)とともに粒子状有機物が広く存在する。直径1 μm 以下の微小粒子には有機物が濃集し、そのエアロゾル質量に占める割合は最大で70%にも達する(Kanakidou et al., *Atmos. Chem. Phys.*, 2005)。研究代表者らは1980年代にシュウ酸など水溶性有機物がエアロゾルの主成分であることを発見した(e.g., Kawamura and Kaplan, 1987; Kawamura and Bikkina, 2016)。これらは、一部が化石燃料の燃焼など一次発生源から直接放出されるが、大部分は人為・自然起源のVOCが大気中で酸化反応を受けることにより二次的に生成する(Kawamura and Ikushima, 1993)。有機エアロゾルは吸湿性に富むことから高いCCN活性を示し、雲の形成に重要な役割を果たしている可能性が高い。研究代表者らは、エアロゾル粒子の吸湿特性を計測する吸湿特性用タンデム型静電式分級装置(H-TDMA: Hygroscopicity Tandem Differential Mobility Analyzer)を開発し、エアロゾルが高い凝結核特性と吸湿特性を持つことを明らかにした(Mochida and Kawamura, 2004; Aggarwal et al., 2007)。しかし、その吸湿特性は、有機と無機の組成比に大きく支配されることがわかった。

河村らは、中国の主要都市における有機エアロゾルの濃度は日本や欧米に比べ10倍から100倍高いこと(Wang and Kawamura, 2005; Wang et al., 2006)、また、その風下域の西部北太平洋上のエアロゾル中には高い濃度の低分子ジカルボン酸が存在すること(Kawamura et al., 2003, 2004)を明らかにし、これら有機物が太陽放射と気候に重大な影響を及ぼしている可能性を指摘した。一般に、エアロゾルの数密度が高くなり過ぎると1粒子当たりの凝結可能な水蒸気量が減少し雲は生成するが雨粒にまで成長できない。その結果、大気中での雲の寿命が長くなり地表を冷却する。一方、高いエアロゾル数密度の大気に海洋から大量の水蒸気が供給されると豪雨が発生する。中国北部で頻発する干ばつと南部での豪雨・洪水は、エアロゾル濃度・組成の変化による気候システムの変調に起因すると考えられている(Menon et al., *Science*, 2002)。

研究代表者らは、アジア大陸近傍や小笠原諸島・父島での長期大気観測から、エアロゾルの組成が過去10年間に変化していることを見いだした(基盤研究Aの成果)。地球温暖化の中で大気中の水蒸気量は確実に増えており、エアロゾルの濃度・化学組成の変化が、大気水蒸気の凝結過程、大気放射、気候変動に重大な影響を及ぼしている可能性がある。河村らは、これまでのエアロゾルの組成研究を更に発展させるとともに、エアロゾルの吸湿特性とその経年変化を化学種レベ

ルで明らかにする必要性を強く認識し、本研究を着想するに至った。

2. 研究の目的

中国の急速な経済発展の結果、大気汚染の影響は東アジア全域や北太平洋にまで及んでいる。本研究では、人間活動の影響が大きい東アジアと偏西風の影響を強く受ける西部北太平洋の大気エアロゾルに着目し、その組成を分子・放射性/安定炭素同位体・イオンレベルで明らかにする。特に、これまで研究が遅れていた有機エアロゾルに焦点をあて、その生成・起源・変質を解明する。また、エアロゾル粒子が持つ吸湿特性に着目し、その吸湿成長・雲凝結核(CCN)能を、父島で取得した20年分のエアロゾル試料中で解析する。従来別々に研究されてきたエアロゾルの化学分析と吸湿特性など物理計測を統合することにより、大気環境変動と吸湿特性/CCN能への有機物の役割・影響を解明する。

3. 研究の方法

人間活動の著しい東アジア・北太平洋の大気環境変化をエアロゾルの化学組成とその吸湿特性の観点から特徴付けるために、イオンクロマトグラフ(IC)、ガスクロマトグラフ(GC)、GC/質量分析計(MS)、同位体比MS、加速器質量分析計等を用いて主要イオン、各種有機化合物等の測定を行う。エアロゾルをイオン種・分子・元素・同位体レベルで記述することにより、その組成・起源・生成経路を明らかにする。また、H-TDMA、CCN計にてエアロゾルの吸湿・CCN特性を計測し、化学組成(有機・無機)の影響を定量的に評価する。父島で採取した歴史的な大気試料を用いて西部北太平洋エアロゾルの吸湿特性を時系列で解析し、過去20年間にそれらがどう変化しているのかを検証する。エアロゾルの化学組成と吸湿特性の変化が、人間活動の増大及び大気の酸化能力とどう関係しているのかを、有機物トレーサー、同位体比や放射性炭素(^{14}C)の測定から解明する。

4. 研究成果

本研究では、人間活動の影響を強く受ける東アジアとその風下域である西部北太平洋の大気エアロゾルに焦点を当て、その化学組成と吸湿特性の関係を解明することを目的とした。小笠原諸島・父島で2001年より2012年まで採取した海洋エアロゾルの吸湿特性をタンデムDMA吸湿特性装置にて測定し、その吸湿成長率(Gf)と化学組成の関係を解析した。エアロゾル試料を水抽出しネブライザーにより生成した粒子のGfとエアロゾルの化学組成を比較した結果、Gfは水溶性有機物(WSOC)の割合の増加とともに減少することを発見した。この結果は、WSOCが微粒子の吸湿特性を低下させることを意味する。特に春の試料でカルシウム濃度が高くなる時に、Gfは大きく低下した。その理由としてシュウ酸

カルシウム(不溶性)が大気中で生成したことにより粒子の吸湿特性が減少したと提案した。

また、海洋エアロゾル中に無機イオンの長期変動を解析したところ、硫酸塩の濃度が2006年までは増加傾向を示したが、その後、減少に転じた事を発見した。この減少は中国における火力発電所の脱硫装置が本格的に稼働した時期と一致しており、発生源における硫黄排出削減が西部北太平洋の大気質に反映していることが明らかとなった。

これに対して、シュウ酸など低分子ジカルボン酸等には濃度減少は認められず、むしろ増加傾向を示した。バイオマス燃焼のトレーサーであるレボグルコサンの増加傾向から(1)森林火災・バイオマス燃焼の増加、有機物トレーサーの解析から(2)植物起源のイソプレレンなど VOC 放出量の増加が示唆された。更に、シュウ酸の安定炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)は夏に増加し(最大で-5‰)冬に減少する(-20~-24‰程度)季節変動が存在することを発見した。この結果は、シュウ酸の光分解による同位体分別が起こっていることを強く示唆した。室内実験でシュウ酸の光化学分解を実施したところ、鉄錯体を形成することによりシュウ酸の分解が進み、その際に同位体分別が起こる結果、 ^{13}C に富むシュウ酸が選択的に残存することがわかった。本研究の結果は室内実験と良く一致する。

一方、シュウ酸の $\delta^{13}\text{C}$ は12年間で3‰減少していることが明らかとなった。この結果から、陸起源有機物(およそ-30‰の値を示す)の輸送がこの10年間に強化されており、北太平洋の大気質が気候変動の中で変化している事が解った。その原因として、森林火災・農業廃棄物の野焼き等バイオマス燃焼による陸起源有機物の放出と大気輸送の強化が考えられる。また、地球温暖化に伴う陸上生態系の応答(すなわち、気温上昇により植物はイソプレレンの放出量を増やし葉の表面温度を下げる効果)が関係している可能性が指摘された。我々が測定したイソプレレン酸化トレーサー(2-メチルテトラオール等)の結果はそれを支持している。

本研究の結果、アジア大陸の影響を強く受ける西部北太平洋では、冬・春に人為起源物質が大気輸送されているのに対して、夏・秋には清浄な海洋大気の状態であり、海洋からの有機物が主要な起源であると結論された。また、西部北太平洋の大気エアロゾルは、アジア大陸の人間活動の影響を記録していることも明らかとなった。一方、エアロゾル中の ^{14}C (半減期5700年)の測定からは、札幌では冬にはModern Carbonの割合(pMC)は40%以下となるが(Fossil Carbonの卓越)、春夏には70%以上となり植物からの寄与が大きいことがわかった。特に、水溶性有機物では夏場にpMCは90%を超え生物圏からの炭素の放出が水溶性有機エアロゾルの生成に大きく関与していることが解った。この結果は、

有機物トレーサーの季節変化と良く一致した。現在、父島での ^{14}C 等の結果を基に、気候変動の生物圏への応答を解析中である。

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145件) (全て査読あり)

1. D. K. Deshmukh, K. Kawamura, Md. M. Haque, Y. Kim (2018), Dicarboxylic acids, oxocarboxylic acids and α -dicarbonyls in fine aerosols over central Alaska: Implications for sources and atmospheric processes, *Atmos. Res.*, 202 128-139.
2. S. K. Verma, K. Kawamura, J. Chen and P. Fu, Thirteen-years of observations on primary sugars and sugar alcohols over remote Chichijima Island in the western North Pacific, *Atmos. Chem. Physics*, 18, 81-101, 2018.
3. S. K. R. Boreddy, M. Haque, and K. Kawamura, Long-term (2001-2012) trends of carbonaceous aerosols from remote island in the western North Pacific: an outflow region of Asian pollutants and dust, submitted to ACP, March 28, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 1291-1306, 2018.
4. W. Zhao, K. Kawamura, S. Yue, L. Wei, H. Ren, Y. Yu, M. Kang, L. Li, L. Ren, S. Lai, J. Li, Y. Sun, Z. Wang, and P. Fu, Molecular distribution and compound-specific stable carbon isotopic composition of dicarboxylic acids, oxocarboxylic acids, and α -dicarbonyls in PM_{2.5} from Beijing, China, *Atmos. Chem. Physics*, 18, 2749-2767, 2018.
5. D. Gowda and K. Kawamura, Seasonal variations of low molecular weight hydroxy-dicarboxylic acids and oxaloacetic acid in remote marine aerosols from Chichijima Island in the western North Pacific (December 2010 - November 2011), *Atmos. Res.*, 204, 128-135, 2018.
6. C. M. Pavuluri and K. Kawamura, Organic Aerosols in South and East Asia: Composition and Sources, In: *Land Atmospheric Research Applications in South and Southeast Asia*, K. P. Vadrevu et al. (eds.), Springer International Publishing AG, 379-408, 2018.
7. R. Sempéré, B. Charrière, J. Castro-Jiménez, K. Kawamura, Christos Panagiotopoulos, Occurrence of α,ω -dicarboxylic acids and ω -oxoacids in surface waters of the Rhone River and fluxes into the Mediterranean Sea, *Prog. Oceanogr.*, 163, 136-146, 2018.
8. Kalogridis A-C., Popovicheva, O.B., Engling, G., Diapouli, E., Kawamura, K., Tachibana, E., Ono, K., Kozlov, V.S. and Eleftheriadis, Smoke aerosol chemistry and aging of

- Siberian biomass burning emissions in a Large Aerosol Chamber experiment, *Atmos. Environ.*, 185, 15-28, 2018.
9. Md. M. Hoque, K. Kawamura and M. Uematsu, Spatio-temporal distributions of dicarboxylic acids, ω -oxocarboxylic acids, pyruvic acid, α -dicarbonyls and fatty acids in the marine aerosols from the North and South Pacific, *Atmos. Res.*, 185, 158-168, 2017.
 10. Y.H. Zhu, L.X. Yang, K. Kawamura, J. Chen, K. Ono, X. Wang, L. Xue, W.X. Wang, Contributions and source identification of biogenic and anthropogenic hydrocarbons to secondary organic aerosols during 2014 at Mt. Tai, *Environmental Pollution*. 220, 863-872, 2017.
 11. S.K. Boreddy, K. Kawamura, K. Okuzawa, Y. Kanaya, Z. Wang, Temporal and diurnal variations of carbonaceous aerosols and major ions in biomass burning influenced aerosols over Mt. Tai in the North China Plain during MTX2006, *Atmos. Environ.*, 154, 106-117, 2017.
 12. D. Deshmukh, K. Kawamura, M. Deb, and S.K. Boreddy, Sources and formation processes of water-soluble dicarboxylic acids, ω -oxocarboxylic acids, α -dicarbonyls, and major ions in summer aerosols from eastern central India, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 122, 3630-3652, 2017.
 13. Bikina S., Kawamura K., Sarin M., Secondary organic aerosol formation over Coastal Ocean: Inferences from atmospheric water-soluble low molecular weight organic compounds, *Environ. Sci. & Technol.*, 51 (8), 4347-4357, 2017.
 14. P. Tyagi, K. Kawamura, T. Kariya, S. Bikina and M. Lee, Tracing atmospheric transport of soil microorganisms and higher plant waxes in the East Asian outflow to the North Pacific Rim using hydroxy fatty acids: Year-round observations at Gosan, Jeju Island, *J. Geophys. Res.-Atmospheres*, 122, 4112-4131, 2017.
 15. C.M. Pavuluri and K. Kawamura, Seasonal changes in TC and WSOC and their ^{13}C isotope ratios in Northeast Asian aerosols: land surface-biosphere-atmosphere interactions, *Acta Geochim* 36, 355-358, 2017.
 16. X. Wan, S. Kang, Quanlian Li, Dipesh Rupakheti, Qiangong Zhang, Junming Guo, Pengfei Chen, Lekhendra Tripathee, Maheswar Rupakheti, Arnico Panday, Wu Wang, K. Kawamura, Shaopeng Gao, Guangming Wu, and Zhiyuan Cong, Organic molecular tracers in the atmospheric aerosols from Lumbini (Nepal) in Indo-Gangetic Plains: the influence of biomass burning, *Atmos. Chem. Phys.* 17, 8867-8885, 2017.
 17. Chen, O.; Ikemori, F.; Nakamura, U.; Vodicka, P.; Kawamura, K.; Mochida, M., Structural and light-absorption characteristics of complex water-insoluble organic mixtures in urban submicron aerosols, *Environ. Sci. Technol.*, 51 (15), 8293-8303, 2017.
 18. D. Singh, K. Kawamura, A. Yanase, L. Barrie, Distributions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Aromatic Ketones, Carboxylic Acids and Trace Metals in Arctic Aerosols: Long-Range Atmospheric Transport and Photochemical Degradation/Production at Polar Sunrise, *Environ. Sci. Technol.*, 51, 8992-9004, 2017.
 19. A. Müller, Y. Miyazaki, E. Tachibana, K. Kawamura and T. Hiura, Evidence of a reduction in cloud condensation nuclei activity of water-soluble aerosols caused by biogenic emissions in a cool-temperate forest, *Scientific Reports*, 7: 8452, 2017.
 20. S.K.R. Boreddy, K. Kawamura, and E. Tachibana, Long-term (2001-2013) observations of water-soluble dicarboxylic acids and related compounds over the western North Pacific: trends, seasonality and source apportionment, *Scientific Reports*, 7: 8518, 2017.
 21. A. Müller, Y. Miyazaki, S. G. Aggarwal, Y. Kitamori, S. K. R. Boreddy, and K. Kawamura, Effects of chemical composition and mixing state on size-resolved hygroscopicity and cloud condensation nuclei activity of submicron aerosols at a suburban site in northern Japan in summer, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 9301-9318, 2017.
 22. Zhang Y., Sun Y., Cao F., Chang Y., Liu S., Lee X., Agrios K., Kawamura K., Liu D., Ren L., Du W., Wang Z., Prevot A. S. H., Szidat S., Fu P., High contribution of non-fossil sources to sub-micron organic aerosols in Beijing, China, *Environ. Sci. & Technol.* 51, 7842-7852, 2017.
 23. Hegde P. and Kawamura K., Chemical constituents of carbonaceous and nitrogen aerosols over Thumba region, Trivandrum, India, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 73, 456-473, 2017.
 24. B. Kunwar, K. Torii, C. Zhu, and K. Kawamura, Springtime influences of Asian outflow and photochemistry on the distributions of diacids, oxoacids and α -dicarbonyls in the aerosols from the western North Pacific rim, *Tellus B*, 69, 1369341, 2017.
 25. Nakayama T., Kuruma Y., Matsumi Y., Morino Y., Sato K., Tsurumaru H., Ramasamy S., Sakamoto Y., Kato S., Miyazaki Y., Mochizuki T., Kawamura K., Sadanaga Y., Nakashima Y., Matsuda K. and

- Kajii Y., Missing Ozone-Induced Potential Aerosol Formation at a Suburban Forest, *Atmospheric Environment* 171, 91-97 (2017).
26. Liu H., K. Kawamura, B. Kunwar, Cao J., Zhang J., Zhan C., Zheng J., Yao R., Liu T., Liu X., Xiao W., Sources and formation processes of short-chain saturated diacids (C₂-C₄) in inhalable particles (PM₁₀) from Huangshi city, Central China, *Atmosphere*, 8(11), 213, 2017.
 27. F. Cao, S.C. Zhang, K. Kawamura, Y. Zhang (2017), Chemical characteristics of dicarboxylic acids and related organic compounds in PM_{2.5} during biomass-burning and non-biomass-burning seasons at a rural site of Northeast China. *Environmental Pollution*, 231, 654-662.
 28. Boreddy S.K.R., Mochizuki T., Kawamura K., Bikkina S. and Sarin M.M.: Homologous series of low molecular weight (C₁-C₁₀) monocarboxylic acids, benzoic acid and hydroxyacids in fine-mode (PM_{2.5}) aerosols over the Bay of Bengal: Influence of heterogeneity in air masses and formation pathways. *Atmos. Environ.*, 167,170-180, 2017.
 29. Mochizuki T., Kawamura K., Miyazaki Y., Wada R., Takahashi Y., Saigusa N., and Tani A., Secondary formation of oxalic acid and related organic species from biogenic sources in a larch forest at the northern slope of Mt. Fuji, *Atmos. Environ.*, 166, 255-262, 2017.
 30. T. Mochizuki, K. Kawamura, S. Nakamura, Y. Kanaya, and Z. Wang, Enhanced levels of atmospheric low-molecular weight monocarboxylic acids in gas and particulates over Mt. Tai in the North China Plain during field burning of agricultural wastes, *Atmos. Environ.*, 171, 237-247, 2017.
 31. K. Kawamura, M. Hoque, T. S. Bates and P. K. Quinn (2017), Molecular distributions and isotopic compositions of organic aerosols over the western North Atlantic: Dicarboxylic acids, oxoacids, α-dicarbonyls (glyoxal and methylglyoxal), lipid class compounds, sugars, and secondary organic aerosol tracers, *Organic Geochemistry*, 113, 229-238.
 32. Fu P., S. G. Aggarwal, J. Chen, J. Li, Y. Sun, Z. Wang, H. Chen, H. Liao, A. Ding, G. S. Umarji, R. S. Patil, and K. Kawamura (2016), Molecular Markers of Secondary Organic Aerosol in Mumbai, India, *Environ. Sci. & Technol.* 50, 4659-4668.
 33. Zhang Y.-L., K. Kawamura, K. Agrios, M. Lee (2016), Fossil and Non-Fossil Sources of Organic and Elemental Carbon Aerosols in the Outflow from Northeast China, *Environ. Sci. & Technol.*, 50, 6284-6292.
 34. K. Kawamura and S. Bikkina (2016), A review of dicarboxylic acids and related compounds in atmospheric aerosols: Molecular distributions, sources and transformation, *Atmospheric Research*, 170, 140-160.
 35. Kundu S., K. Kawamura, M. Kobayashi, E. Tachibana, M. Lee, P. Fu, and J. Jung, A sub-decadal trend of diacids in atmospheric aerosols in East Asia, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 585-596, 2016.
 36. Zhu C., K. Kawamura and P. Fu, Seasonal variations of biogenic secondary organic aerosol tracers in Cape Hedo, Okinawa, *Atmos. Environ.*, 130, 113-119, 2016.
 37. Gowda D., K. Kawamura and E. Tachibana, Identification of hydroxy- and keto-dicarboxylic acids by gas chromatography/quadruple and time-of-flight mass spectrometry, *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 30, 992-1000, 2016.
 38. Hoque M. M. and K. Kawamura, Longitudinal distributions of dicarboxylic acids, ω-oxoacids, pyruvic acid, α-dicarbonyls and fatty acids in the marine aerosols from the central Pacific including equatorial upwelling, *Global Biogeochem. Cycles*, 30, 534-548, 2016.
 39. Zhu C., K. Kawamura, S. Fukuda, M. Mochida, Y. Iwamoto, Fungal spores overwhelm biogenic organic aerosols in a mid-latitude forest, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 7497-7506, 2016.
 40. Zhang, Y.-L., K. Kawamura, F. Cao, and M. Lee (2016), Stable carbon isotopic compositions of low-molecular-weight dicarboxylic acids, oxocarboxylic acids, α-dicarbonyls, and fatty acids: Implications for atmospheric processing of organic aerosols, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, 3707-3717.
 41. K. Kawamura and S. Bikkina, A review of dicarboxylic acids and related compounds in atmospheric aerosols: Molecular distributions, sources and transformation, *Atmospheric Research*, 170, 140-160, 2016.
 42. Mochizuki T., Kawamura K., Aoki K., and Sugimoto N.: Long-range atmospheric transport of volatile monocarboxylic acids with Asian dust over high mountain snow site, central Japan. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16, 14621-14633, 2016.
 43. S. K. R. Boreddy and K. Kawamura, A 12-year observation of water-soluble inorganic ions in TSP aerosols collected at a remote marine location in the western North Pacific: An outflow region of Asian dust, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 6437-6453, 2015.
 44. Fu, P., K. Kawamura, J. Chen and Y. Miyazaki, Secondary Production of Organic Aerosols from Biogenic VOCs over Mt. Fuji,

- Japan, *Environ. Sci. & Technol.*, *48*, 8491–8497, 2014.
45. Jung, J. and K. Kawamura, Hygroscopic properties of newly formed ultrafine particles at an urban site surrounded by a deciduous forest in northern Japan during the summer of 2011, *Atmos. Chem. Phys.*, *14*, 7519–7531, 2014.
 46. Kawamura K., K. Okuzawa, S. G. Aggarwal, H. Irie, Y. Kanaya, and Z. Wang (2013), Determination of gaseous and particulate carbonyls (glycolaldehyde, hydroxyacetone, glyoxal, methylglyoxal, nonanal and decanal) in the atmosphere at Mt. Tai, *Atmos. Chem. Phys.*, *13*, 5369–5380.
 47. Kawamura K., E. Tachibana, K. Okuzawa, S. G. Aggarwal, Y. Kanaya, and Z. F. Wang (2013), High abundances of water-soluble dicarboxylic acids, ketocarboxylic acids and α -dicarbonyls in the mountaintop aerosols over the North China Plain during wheat burning season, *Atmos. Chem. Phys.*, *13*, 8285–8302.

[学会発表] (計 120 件)

1. M. Uchida, K. Mantoku, T. Kobayashi. Recent update of ultramicro-scale radiocarbon analysis, 14th International conference of accelerator mass spectrometry, Ottawa, Canada, August 14–18, 2017.
2. (Invited), Kawamura K. and Tachibana E., Seasonal and Decadal Variations of Stable Carbon Isotopic Composition of Oxalic, Malonic and Succinic Acids in Marine Aerosols from the western North Pacific, Goldschmidt Conference, Yokohama, Japan, June 27 to July 1, 2016.
3. Kawamura K. and Tachibana E. (2016), Seasonal and Decadal Variations of Stable Carbon Isotopic Composition of Oxalic, Malonic and Succinic Acids in Marine Aerosols from the western North Pacific, Goldschmidt Conference, Yokohama, Japan, June 27 to July 1.
4. (Invited) Kawamura, K. and Eri Tachibana, Decadal and seasonal distributions of low molecular weight dicarboxylic acids, oxoacids and α -dicarbonyls in the marine aerosols from the western North Pacific, 95th American Meteorological Society Annual Meeting/17th Conference of Atmospheric Chemistry, 4–8 January 2015, Phoenix, USA.
5. (Invited) P. Fu, K. Kawamura, Y. Yamashita, J. Cheng, M. Qin, Y. Sun, Z. Wang, L. Barrie, Fluorescence Characterization of Water-soluble Organic Matter in the High Arctic Atmosphere, 11th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society, 28 July to 1 August, 2014, Sapporo, Japan.

6. (Invited) Y. Miyazaki, P. Fu, K. Ono, E. Tachibana, K. Yamanoi, K. Kawamura, Seasonal Cycles of Water-soluble Organic Nitrogen Aerosols in a Deciduous Broadleaf Forest in Northern Japan, 11th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society, 28 July to 1 August, 2014, Sapporo, Japan.
7. 河村公隆、生物起源VOCから生成する二次有機エアロゾル (SOA) と大気中でのSOAトレーサーの分布・動態、有機地球化学シンポジウム、仙台、8/21–23/2012.
8. C. M. Pavululi, N. Mihalopoulos, K. Kawamura, Chemical Composition and Origins of Atmospheric Aerosols from Sapporo, Northern Japan: Year-round Observations, AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly, Singapore, 13–17 August 2012.

[図書] (計 4 件)

1. 河村公隆・編集代表「低温環境の科学事典」、朝倉書店, pp. 432, 2016.
2. 河村公隆「有機エアロゾル」、低温科学便覧、丸善、p. 211–238, 2015年。

[その他]

ホームページ等

<http://www.isc.chubu.ac.jp/kawamura/kawamura/homepage.htm>

<http://www.isc.chubu.ac.jp/kawamura/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河村 公隆 (KAWAMURA, Kimitaka)
中部大学・中部高等学術研究所・教授
研究者番号：70201449

(2) 研究分担者

関 宰 (SEKI, Osamu)
北海道大学・低温科学研究所・准教授
研究者番号：30374648

(3) 研究分担者

内田 昌男 (UCHIDA, Masao)
国立研究開発法人国立環境研究所・環境計測研究センター・主任研究員
研究者番号：50344289

(4) 研究分担者

宮崎 雄三 (MIYAZAKI, Yuzo)
北海道大学・低温科学研究所・助教
研究者番号：60376655