

日本学士院賞 受賞者

近藤 豊

ゆたか



専攻学科学目 地球大気環境科学
生年 昭和四七年一月
略歴 昭和四七年三月
同 四九年三月
同 五一年一〇月
同 五二年四月
平成元年四月
同 二年六月
同 四年四月
同 七年四月
同 一二年四月
同 一三年四月
同 二三年二月
同 二七年四月

東京大学理学部地球物理学科卒業
東京大学大学院理学系研究科修士課程修了
名古屋大学空電研究所助手
理学博士
名古屋大学空電研究所助教
名古屋大学太陽地球環境研究所助教
名古屋大学太陽地球環境研究所教授
名古屋大学太陽地球環境研究所教授
名古屋大学太陽地球環境研究所附属母子里観測所長（併任、平成一二年三月まで）
名古屋大学先端科学技術研究センター教授
東京大学先端科学技術研究センター教授（平成二七年三月まで）
東京大学大学院理学系研究科教授（平成二七年三月まで）
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所客員教授
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所特任教授（現在に至る）

理学博士近藤 豊氏の「地球大気環境科学の研究」に対する授賞審査要旨

近年、人間活動による地球規模での大気組成の変化が人類の生存環境としての気候と大気の質とに大きな影響を与えることが明らかになり、大気組成の変化を把握し、その変化を支配する過程を解明する研究が急速に発展してきた。近藤 豊氏は、この新しく生まれたい「地球大気環境科学」と呼ぶべき分野の研究の発展に大きな貢献をしてきた。その特徴は一貫して高精度測定の追及という観測の原点に足場を置き、国内外の共同研究プロジェクトで主導的な役割を演じながら、独自に開発した測定器により気球、航空機、地上観測を世界各地で実施したことである。それによって大気中の微粒子（エアロゾル）、とりわけ炭素微粒子の実態を解明してその気候への影響を明らかにしたのをはじめ、成層圏オゾンの破壊メカニズム、対流圏オゾン生成する化学過程の統一的理解など、この分野の重要課題の解明に傑出した業績をあげたのである。

ブラックカーボン (BC) の気候影響の研究

炭素燃料の不完全燃焼により生じる黒色のブラックカーボン (BC) 粒子は可視部の太陽光を強く吸収し、地球温暖化効果を持つ。また雪氷面に沈着した BC は太陽光を吸収し、地表面の反射率を低下させ、雪氷の融解を早めることで北極域の温暖化に影響する。温暖化効果の強さは BC 粒子の質量と他成分による被覆状態に依存する。しかし最近まで、個々の BC 粒子の質量および被覆状態を正確に測定できる手法がなく、BC の気候影響の研究の大きな障害になっていた。

近藤氏はレーザー光の吸収により加熱された BC が発する白熱光の強度が BC 質量のみに依存することを見出し、BC 質量測定の基準を確立する（レーザー誘起白熱法 (LII 法)）という先駆的研究を行った。LII 法の物理的基礎を解明し、それを航空機および地上での BC の測定に用いることで世界の研究を主導してきたのである。また BC の光吸収を増大させる被覆の厚さを測定する方法も開発し、放射効果を代表するマクロな量 (BC の質量濃度、エアロゾルの光散乱・吸収係数) の定量的な推定を可能にした。さらに BC の光吸収を利用した BC 質量濃度の連続測定器 COSMOS を開発し、世界最高の精度・安定性を達成した。BC の定義が測定法により異なるという、それまでやむなく許されてきた混乱に終止符を打ち、BC 研究の

基礎を強固なものにしたのである。

近藤氏はさらに HI 測定器を用いて、アジアや北極圏で初めて航空機観測を行い、 BC の質量濃度や被覆状態の空間分布を明らかにした。また東シナ海に位置する福江島で地上観測を実施し、世界有数の発生源である中国から輸送される間に BC の大きさと被覆が増加することも見出した。さらに COSMOS による長期連続観測から中国での排出量を高精度で推定し、下層での広域輸送過程を解明した。これらの観測により、発生源からの輸送、 BC 被覆の過程、降水による除去といった一連の物理・化学過程が体系的に解明されたのである。これらの知見に基づき、気候変動予測に用いられている数値モデルの精度評価や改良が行われ、 BC の気候影響の推定が改善されてきた。これらの成果は IPCC の第五次報告書においても大きな貢献となっている。

成層圏オゾン破壊の研究

一〇一五〇キロメートル高度の成層圏に存在するオゾン層は、紫外線を吸収し、有害な太陽紫外線から生物を保護している。そのオゾンが南極上空で人為起源の塩素化合物等で破壊されてオゾンホールが生まれた。窒素酸化物もオゾンを触媒的に破壊する一方で、塩素ラジカルと結合して安定な化合物に変えオゾン破壊を抑制する。

このため、オゾンの化学過程の解明にはその高精度な測定が鍵である。近藤氏はいち早く気球搭載用の一酸化窒素 (NO) の高感度測定法を独力で開発した。また窒素酸化物の酸化過程とその収支を調べるために総窒素酸化物 (NO_x) の気球用測定器を初めて開発した。弱冠三二歳でフランスでの国際気球観測に単身参加し、 NO の高度分布を世界最高の精度で測定して名を高めた。さらに NO と NO_x の同時観測に成功し、硫酸エアロゾルが介在した不均一反応が、窒素酸化物の濃度を大きく低下させることを示した。

同氏は北極域でも見つけたオゾン破壊の実態解明のため、気球による国際共同観測や人工衛星観測器の検証実験を実施した。北極冬季の低温域で生成する水粒子に NO_x の主成分である硝酸が吸着・落下し濃度が低下していることを見出し、この結果、塩素ラジカルによるオゾン破壊への抑制が弱まり小規模オゾンホールが成長することを示した。これらの研究は南極と異なる北極上空でのオゾン減少の定量的理解を大きく進展させた。

対流圏オゾンの研究

対流圏（高度〇一〇キロメートル）のオゾンは大きな温室効果をもつと同時に、大気の酸化能に大きな影響を与え、人間や他の生物に悪影響を及ぼす。オゾンの生成速度は窒素酸化物濃度により大

大きく支配されている。近藤氏はNASAが実施した大型航空機計画に参加し、独自に開発した超高感度窒素酸化物測定器による観測を実施した。これらの研究により、太平洋・大西洋において、窒素酸化物の酸化・消失に関わる反応系を統一的に把握する知見が初めて得られた。また観測とモデルとの比較から、三次元モデルによるオゾンの化学・輸送過程の計算法を評価し、オゾンの気候影響のモデル推定の正しさを示した。

これらの業績により近藤氏は地球惑星科学分野に関わる国内の四学会（気象、地球化学、地球電磁気・地球惑星圏、地球惑星科学連合）から延六件の表彰に加え、紫綬褒章、東レ科学技術賞を受賞し、アメリカ地球物理学会の Fellow に選出されている。

主要論文リスト

(1) ホロソール・ソレド Black Carbon の世界

- Takegawa, N., Y. Miyazaki, Y. Kondo, Y. Komazaki, T. Miyakawa, J. L. Jimenez, J. T. Jayne, D. R. Worsnop, J. D. Allan, and R. J. Weber (2005), Characterization of an Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer (AMS): Intercomparison with other aerosol instruments, *Aerosol Sci. Technol.*, *39*, 760-770.
- Kondo, Y., *et al.* (2006), Temporal variations of elemental carbon in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *111*, D12205, doi:10.1029/2005JD006257.
- Takegawa, N., T. Miyakawa, Y. Kondo, J. L. Jimenez, D. R. Worsnop, and M. Fuku-

da (2006), Seasonal and diurnal variations of submicron organic aerosol in Tokyo observed using the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer, *J. Geophys. Res.*, *111*, D11206, doi:10.1029/2005JD006515.

Miyazaki, Y., Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Komazaki, M. Fukuda, K. Kawamura, M. Mochida, K. Okuzawa, and R. J. Weber (2006), Time-resolved measurements of water-soluble organic carbon in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *111*, D23206, doi:10.1029/2006JD007125.

Kondo, Y., Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, O. Zhang, and D. R. Worsnop (2007), Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *112*, D01203, doi:10.1029/2006JD007056.

Moteki, N., and Y. Kondo (2007), Effects of mixing state on black carbon measurements by laser-induced incandescence, *Aerosol Sci. Technol.*, *41*, 398-417.

Zhang, O., J. L. Jimenez, M. R. Canagaratna, J. D. Allan, H. Coe, I. Ulbrich, M. R. Alfarra, A. Takami, A. M. Middlebrook, Y. L. Sun, K. Dzepina, E. Dunlea, K. Dcherry, P. F. DeCarlo, D. Salcedo, T. Onasch, J. T. Jayne, T. Miyoshi, A. Shimono, S. Hatakeyama, N. Takegawa, Y. Kondo, *et al.* (2007), Ubiquity and dominance of oxygenated species in organic aerosols in anthropogenically-influenced Northern Hemisphere midlatitudes, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L13801, doi:10.1029/2007GL029979.

Moteki, N., and Y. Kondo (2008), Method to measure time-dependent scattering cross sections of particles evaporating in a laser beam, *J. Aerosol Sci.*, *39*, 348-364.

Shiraiwa, M., Y. Kondo, *et al.* (2008), Radiative impact of mixing state of black carbon aerosol in Asian outflow, *J. Geophys. Res.*, *113*, D24210, doi:10.1029/2008JD010546.

Jimenez, J. L., M. R. Canagaratna, N. M. Donahue, A. S. H. Prevot, O. Zhang, J. H. Kroll, P. F. DeCarlo, J. D. Allan, H. Coe, N. L. Ng, A. C. Aikin, K. D. Docherty, I. M. Ulbrich, A. P. Grieshop, A. L. Robinson, J. Duplissy, J. D. Smith, K. R.

- Wilson, V. A. Lanz, C. Hueglin, Y. L. Sun, A. Laaksonen, T. Raatikainen, J. Rautiainen, P. Vaattovaara, M. Ehni, M. Kulmala, J. M. Tomlinson, D. R. Collins, M. J. Cubison, E. J. Dunlea, J. A. Huffman, T. B. Onasch, M. R. Alfarra, P. I. Williams, K. Bower, Y. Kondo, *et al.* (2009), Evolution of organic aerosols in the atmosphere, *Science*, *326*, 1525-1529.
- Koch, D., M. Schulz, S. Kinne, G. Schuster, T. C. Bond, A. Clarke, D. W. Fahey, S. Freitag, C. McNaughton, J. R. Spackman, Y. Kondo, *et al.* (2009), Evaluation of black carbon estimations in global aerosol models, *Atmos. Chem. Phys.*, *9*, 9001-9026.
- Shiraiwa, M., Y. Kondo, T. Iwamoto, and K. Kita (2010), Amplification of light absorption of black carbon by organic coating, *Aerosol Sci. Tech.*, *44*, 46-54.
- Moteki, N., and Y. Kondo (2010), Dependence of laser-induced incandescence on physical properties of black carbon aerosols: Measurements and theoretical interpretation, *Aerosol Sci. Tech.*, *44*, 663-675.
- Kondo, Y., L. Sahn, N. Moteki, F. Khan, N. Takegawa, X. Liu, M. Koike, and T. Miyakawa (2011), Consistency and traceability of black carbon measurements made by laser-induced incandescence, thermal-optical transmittance, and filter-based photo-absorption techniques, *Aerosol Sci. Tech.*, *45*, 295-312, doi:10.1080/02786826.2010.533215.
- Kondo, Y., *et al.* (2011), Emissions of black carbon, organic, and inorganic aerosols from biomass burning in North America and Asia in 2008, *J. Geophys. Res.*, *116*, D08204, doi:10.1029/2010JD015152.
- Kondo, Y., *et al.* (2011), Emissions of black carbon in East Asia estimated from the observations at a remote site in the East China Sea, *J. Geophys. Res.*, *116*, D16291, doi:10.1029/2011JD015637.
- Oshima, N., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, M. Koike, K. Kita, H. Matsui, M. Kajino, H. Nakamura, J. S. Jung, and Y. J. Kim (2012), Wet removal of black carbon in Asian outflow: Aerosol Radiative Forcing in East Asia (A-FORCE aircraft campaign, *J. Geophys. Res.*, *117*, D03204, doi:10.1029/2011JD016552.
- Bond, T. C., S. J. Doherty, D. W. Fahey, P. M. Forster, T. Bernsen, O. Boucher, B. J. DeAngelis, M. G. Flanner, S. Ghan, B. Kirchner, D. Koch, S. Kinne, Y. Kondo, *et al.* (2013), Bounding the role of black carbon aerosol in the climate system: A scientific assessment, *J. Geophys. Res.*, *118*, doi:10.1002/jgrd.50171.
- Moteki, N., Y. Kondo, and K. Adachi (2014), Identification by single-particle soot photometer of black carbon particles attached to other particles: Laboratory experiments and ground observations in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *119*, doi:10.1002/2013JD020655.
- Mori, T., Y. Kondo, S. Ohata, N. Moteki, H. Matsui, N. Oshima, and A. Iwasaki (2014), Wet deposition of black carbon at a remote site in the East China Sea, *J. Geophys. Res.*, *119*, doi:10.1002/2004JD22103.

参考文献

- Kondo, Y., A. Iwata, M. Takagi, and W. A. Matthews (1984), Balloon-borne chemiluminescent sonde for the measurement of tropospheric and stratospheric nitric oxide, *Rev. Sci. Instrum.*, *55*, 1328-1332.
- Kondo, Y., W. A. Matthews, A. Iwata, and M. Takagi (1985), Measurement of nitric oxide from 7 to 32 km and its diurnal variation in the stratosphere, *J. Geophys. Res.*, *90*, 3813-3819.
- Hofmann, D. J., T. L. Deshler, P. Amedieu, W. A. Matthews, P. V. Johnston, Y. Kondo, W. R. Sheldon, G. J. Byrne, and J. R. Benbrook (1989), Stratospheric clouds and ozone depletion in the Arctic during January 1989, *Nature*, *340*, 117-121.
- Koike, M., Y. Kondo, M. Hayashi, Y. Iwasaka, P. A. Newman, M. Helten, and P. Amedieu (1991), Depletion of Arctic ozone in the winter 1990, *Geophys. Res. Lett.*, *18*, 791-794.
- Koike, M., Y. Kondo, W. A. Matthews, and P. V. Johnston (1993), Decrease of

- stratospheric NO₂ observed at 44°N due to Pinatubo volcanic aerosols, *Geophys. Res. Lett.*, *20*, 1975-1978.
- Kondo, Y., U. Schmidt, T. Sugita, A. Engel, M. Koike, P. Aimechien, M. R. Gunson, and J. Rodriguez (1996), NO_y correlation with N₂O and CH₄ in the midlatitude stratosphere, *Geophys. Res. Lett.*, *23*, 2369-2372.
- Kondo, Y., T. Sugita, R. J. Salawitch, M. Koike, and T. Deshler (1997), Effect of Pinatubo aerosols on stratospheric NO_x, *J. Geophys. Res.*, *102*, 1205-1213.
- Sugita, T., Y. Kondo, *et al.* (1998), Denitrification observed inside the Arctic vortex in February 1995, *J. Geophys. Res.*, *103*, 16221-16233.
- Kondo, Y., *et al.* (1999), NO_x-N₂O correlation observed inside the Arctic vortex in February 1997: Dynamical and chemical effects, *J. Geophys. Res.*, *104*, 8215-8224, doi:10.1029/1999JD900020.
- Kondo, Y., H. Irie, M. Koike, and G. E. Bodeker (2000), Denitrification and nitrification in the Arctic stratosphere during the winter of 1996-1997, *Geophys. Res. Lett.*, *27*, 337-340.
- ㊦ 桜園大への登録
- Kondo, Y., H. Ziereis, M. Koike, S. Kawakami, G. L. Gregory, G. W. Sachse, H. B. Singh, D. D. Davis, and J. T. Merrill (1996), Reactive nitrogen over the Pacific ocean during PEM-West A, *J. Geophys. Res.*, *101*, 1809-1828.
- Crawford, J. H., D. D. Davis, G. Chen, J. Bradshaw, S. Sandholm, Y. Kondo, *et al.* (1997), An assessment of ozone photochemistry in the extratropical western North Pacific: Impact of continental outflow during the late winter/early spring, *J. Geophys. Res.*, *102*, 28469-28487.
- Kondo, Y., *et al.* (1997), Profiles and partitioning of reactive nitrogen over the Pacific Ocean in winter and early spring, *J. Geophys. Res.*, *102*, 28405-28424.
- Kondo, Y., *et al.* (1997), Performance of an aircraft instrument for the measurement of NO_y, *J. Geophys. Res.*, *102*, 28663-28671.
- Jaeglé, L., D. J. Jacob, W. Brune, I. Faloon, D. Tan, B. G. Heikes, Y. Kondo, *et al.* (2000), Photochemistry of HO_x in the upper troposphere at northern midlatitudes, *J. Geophys. Res.*, *105*, 3877-3892, doi: 10.1029/1999JD901016.
- Miyazaki, Y., Y. Kondo, *et al.* (2003), Synoptic-scale transport of reactive nitrogen over the western Pacific in spring, *J. Geophys. Res.*, *108*, 8788, doi:10.1029/2002JD003248.
- Koike, M., Y. Kondo, *et al.* (2003), Export of anthropogenic reactive nitrogen and sulfur compounds from the East Asia region in spring, *J. Geophys. Res.*, *108*, 8789, doi:10.1029/2002JD003284.
- Kondo, Y., *et al.* (2004), Impacts of biomass burning in Southeast Asia on ozone and reactive nitrogen over the western Pacific in spring, *J. Geophys. Res.*, *109*, D15S12, doi:10.1029/2003JD004203.
- Kondo, Y., *et al.* (2004), Photochemistry of ozone over the western Pacific from winter to spring, *J. Geophys. Res.*, *109*, D23S02, doi:10.1029/2004JD004871.
- Hofzumahaus, A., F. Rohrer, K. Lu, B. Bohn, T. Brauers, C. C. Chang, H. Fuchs, F. Holland, K. Kita, Y. Kondo, X. Li, S. Lou, M. Shao, A. Wahner, and Y. Zhang (2009), Amplified trace gas removal in the troposphere, *Science*, *324*, 1702-1704.