

日本における地球大気化学研究のこれまでとこれから

Present and Future of Global Atmospheric Chemistry Research in Japan

谷本 浩志^{1*}・秋元 肇¹・中澤 高清²・小池 真³・
近藤 豊³・河村 公隆⁴・松見 豊⁵・高橋 けんし⁶

Hiroshi TANIMOTO^{1*}, Hajime AKIMOTO¹, Takakiyo NAKAZAWA², Makoto KOIKE³,
Yutaka KONDO³, Kimitaka KAWAMURA⁴, Yutaka MATSUMI⁵ and Kenshi TAKAHASHI⁶

¹ 国立環境研究所 地球環境研究センター

² 東北大学大学院 理学研究科

³ 東京大学大学院 理学系研究科

⁴ 北海道大学 低温科学研究所

⁵ 名古屋大学 太陽地球環境研究所

⁶ 京都大学 生存圏研究所

¹ Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

² Graduate School of Science, Tohoku University

³ School of Science, The University of Tokyo

⁴ Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

⁵ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

⁶ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

摘 要

「大気化学」と銘打った、我が国における化学的な大気の研究は、1989年の地球大気化学国際協同研究計画（IGAC）発足と時を同じくして開始され、その後も継続的に発展してきた。日本から提案、又は主体的に実施された地球規模の大気化学研究は、例えば、東アジアにおける地域大気汚染研究、温室効果気体の高精度観測と循環の解析、オゾン光分解に関する実験室的研究など幅広いテーマにわたる。平行して国内の大気化学者の組織化も行われ、近年では200名程度の研究者がコミュニティを形成している。発足から四半世紀を経て、野外観測、三次元化学輸送モデル、対流圏衛星観測などを統合的に駆使した研究が行われているほか、最近では大気化学と地球システム・社会システムに関する研究が活発になりつつある。今後、さらなる国際化はもとより、世界の地球大気化学研究をリードしていく活動・役割が日本の大気化学者に求められており、宇宙からの大気環境監視、大気組成とモンスーン研究、不均一反応研究などの研究がなされようとしている。

キーワード：温室効果気体、大気質、地球大気化学国際協同研究計画、不均一反応、メガシティ

Key words : greenhouse gas, air quality, IGAC, heterogeneous reaction, megacity

1. 日本における大気化学の黎明期

1.1 IGAC プロジェクトの発足

我が国の大気化学研究は、地球大気化学国際協同研究計画(IGAC: International Global Atmospheric Chemistry Project)の発足と機を一にして同時進行的に開始され、発展してきたと言って過言でない。国際協同研究計画としてのIGACは当初、国際科学会議(ICSU: 当時 International Council of Scientific Unions, 現在 International Council for Science)傘下の国際気象学・大気科学協会(IAMAS: International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences)の中

の、大気化学と地球汚染に関する委員会(iCACGP: Inter-national Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution; 当時はCACGPと呼んでいたが、最近ではiCACGPと呼ばれている)によって企画され、誕生したものである。IGACのためのCACGP会合は1986年ストックホルムでの会議に始まるが、1987年カナダ・ピーターボロ(Peterborough)で開催された第6回CACGPシンポジウムにおける作業委員会を経て、1988年オーストラリアのドゥーキー(Dookie)で開かれた計画会議(我が国からは小川利紘(当時、東京大学)、秋元肇(当時、国立公害研究所)が参加)で具体的に立案された。ここでまとめられ

受付: 2015年4月4日, 受理: 2015年8月19日

* 〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2, e-mail: tanimoto@nies.go.jp

た計画案は1989年にCACGPによって正式にIGACとして承認され、この当初のIGAC研究計画案はGalbally編¹⁾にまとめられている。

一方、ICSUは1986年に地球圏-生物圏国際協同研究計画(IGBP: International Geosphere-Biosphere Programme)の実施を決定し、1990年のIGBP発足と同時にIGACはそのコアプロジェクトの1つとして採択されることとなった²⁾。この報告書に記されたIGBPの下でのIGAC研究計画案は、上記のCACGP案と多少異なっており、特に当初案に含まれていなかった生態系からの気体放出(ガスフラックス)の課題など大気圏-生物圏相互作用に直接関わるテーマを強化する方向で修正されている。ちなみに、世界気候研究計画(WCRP: World Climate Research Programme)の中の成層圏プロセスとその気候における役割研究(SPARC: Stratospheric Processes and Their Role in Climate)は、この時点ではSTIB(Stratosphere-Troposphere Interactions and the Biosphere)としてIGBPのコアプロジェクトの1つに想定されていたが、関係者は生物圏相互作用の課題を顕わに含めることを避けるためにIGBPから離れ、WCRPの下のプログラムとなった経緯がある。

このような経過をたどってIGBPの下の第1期の国際IGACプロジェクトが、米国のRonald G. Prinnを委員長(Chair)、ドイツのPaul Crutzenを副委員長(Vice Chair)としたIGAC Scientific Steering Committee(SSC: 科学推進委員会)によって、表1のよう

にまとめられた^{3), 4)}。そこではIGACの第1期プロジェクトはMarine(海洋), Tropical(熱帯), Polar(極域), Boreal(北方), Mid-Latitude(中緯度), Global(全球), Fundamental(基礎)という7つのフォーカス(Focus)によって構成され、それぞれのFocusはいくつかのアクティビティ(Activity)から構成されるという構造からなっている。これらのActivityのほとんどは欧米の研究者によって企画・提案されたもので、当時は大気化学における我が国を始めアジアの研究者の存在感は希薄だったと言って良いだろう。それでも1988年時点のCACGP(President: Robert A. Duce(米国))には、日本から秋元肇、中国からW-X. Yangが委員として加わっており、上記のドゥーキーの会議にも我が国の2名の他、中国から2名(W-X. Yang, D-W. Zhao)が参加していたことは特筆に値する。Marine Focusの中の、東アジア/北太平洋地域実験(APARE: East Asian/North Pacific Regional Experiment)は、ドゥーキー会議で中国の参加者とも相談して日本の参加者から急遽提案し採択されたActivityであり、その後、同じFocusの中の、北大西洋地域実験(NARE: North Atlantic Regional Experiment)と並んで国際的にも注視されるようになった⁴⁾。

1.2 日本のIGAC活動の発足—Japan IGAC

CACGPからは我が国に対してもIGAC国際協同研究への参加協力の要請がなされ、我が国としての地球規模大気化学研究計画を策定するため、1988年には科研費補助金・総合研究B(研究代表者: 小野晃

表1 第1期のIGAC研究計画。(Molina, L. T.,⁴⁾ Japan National Committee for IGBP⁵⁾より引用)

Current IGAC Foci and Activities and Conveners of the Coordinating Committees for each Activity	
FOCUS	ACTIVITY (ACRONYM) - CONVENER
Marine	North Atlantic Regional Experiment (NARE) A- F.Fehsenfeld, USA & S. Penkett, UK Marine Aerosol and Gas Exchange (MAGE) A- B. Huebert, USA East Asian/North Pacific Regional Experiment (APARE) A- H. Akimoto, Japan
Tropical	Biosphere-Atmosphere Trace Gas Exchange in the Tropics: Influence of Land-Use Change (BATGE) A- P. Matson, USA Deposition of Biogeochemically Important Trace Species (DEBITS) A- G. Ayers, Australia Biomass Burning Experiment: Impact on the Atmosphere and Biosphere (BIBEX) A- M.O. Andreae, Germany Biosphere-Atmosphere Interactions in the Tropics: Influence of Chemical Transformations (BAIT) C- P. Crutzen, Germany Rice Cultivation and Trace Gas Exchange (RICE) A- R. Sass, USA & H.U. Neue, Philippines
Polar	Polar Atmospheric Chemistry (PAC) A- L. Barrie, Canada Polar Air-Snow Experiment (PASE) A- R.J. Delmas, France
Boreal	High Latitude Ecosystems as Sources and Sinks of Trace Gases (HESS) P- W. Reeburgh, USA
Mid-Latitude	Mid-Latitude Ecosystems as Sources and Sinks for Atmospheric Oxidants (MILOX) C- W. Chameides, USA Trace Gas Exchange: Mid-Latitude Terrestrial Ecosystems and Atmosphere (TRAGEX) P- K. Smith, UK & P. Robertson, USA
Global	Global Tropospheric Ozone Network (GLONET) A- R. Prinn, USA Global Atmospheric Chemistry Survey (GLOCHEM) A Global Tropospheric Carbon Dioxide Network (GLOCARB) A- C. Keeling, USA Multiphase Atmospheric Chemistry (MAC) A- R. Charlson, USA Global Emissions Inventory Activity (GEIA) A- T. Graedel, USA Global Integration and Modeling (GIM) P
Fundamental	Intercalibrations-Intercomparisons (ICIC) Methane and Halocarbons Intercalibration Experiment (MEHALICE) A- P. Fraser, Australia Non-Methane Hydrocarbon Intercomparison Experiment (NOMHICE) A- J. Calvert, USA & F. Fehsenfeld, USA Carbon Dioxide Intercalibration Experiment (CARBICE) A- C. Keeling, USA Atmospheric Chemistry Education in Global Change (ACE) P- J. Winchester, USA

A- Activity already begun, P- Activity in planning phase, C- Activity in conceptual phase

表 2 日本地球大気化学国際協同研究計画 (IGAC) の研究テーマ。
(第 1 回 IGAC シンポジウム報告集⁷⁾, 1991 および Japan National Committee for IGBP, 1995⁵⁾に基づく)

課題 1 (Theme 1)	大気光化学過程とオゾン収支 (Atmospheric Photochemistry and Ozone Budget)
課題 2 (Theme 2)	温室効果気体の発生と分布 (Emission and Distribution of Greenhouse Gases)
課題 3 (Theme 3)	エアロゾルの長距離輸送と変質 (Long-range Transport and Transformation of Aerosols)
課題 4 (Theme 4)	硫黄の循環と生物過程 (Cycles and Biogenic Processes of Sulfur)
課題 5 (Theme 5)	大気・海洋における微量金属の生物化学過程 (Biogeochemical Cycles of Trace Metals in the Atmosphere and Ocean)
課題 6 (Theme 6)	極域大気化学 (Polar Atmospheric Chemistry)

(名古屋大学), 岩坂泰信(名古屋大学))の下での議論が開始された⁶⁾。こうした議論をさらに促進するための我が国の大気化学者の組織作りも同時に開始され, 第 1 回 JGAC (Japan IGAC) シンポジウムが 1989 年に東京大学で開催された。毎年 1 回開かれたこの会合は 1991 年から IGAC シンポジウム (1991~1993 年) と改称され, さらに現在の大気化学討論会 (1995~年) へと発展している。

一方, 我が国では第 13 期日本学術会議・気象学研究連絡会議の下に 1987 年に IGAC 作業委員会(委員長; 小野晃)が設置され, 第 14 期の IGAC 小委員会(委員長; 小川利紘)(1988~1991 年)に引き継がれた。我が国の正式な IGAC 研究計画は, この IGAC 小委員会で検討され, 1990 年に承認された。同時に日本学術会議の下に 1989 年に IGBP 分科会が設置されており, 我が国の IGBP 計画の中では日本 IGAC の研究は「研究領域 1: 大気微量成分の変質及び生物圏との交換」として位置づけられている^{7), 8)}。我が国の IGBP 計画で採択された日本 IGAC の研究テーマを表 2 に掲げる^{5), 7)}。これらのテーマは表 1 に示された国際 IGAC の Activity と我が国のこの分野の研究の独自性を反映して選択されたものである。日本 IGAC としては初期においてはまとまった研究資金が得られないため国内で組織的な研究を展開するのは難しいこともあり, 国際プロジェクト活動に研究者個人が積極的に加わって活動することを推奨する方針をとっていた。

2. 日本の IGAC に関する研究成果

2.1 初期のプロジェクト

初期の国際 IGAC 活動に我が国の研究者が特にリーダーシップをとったのは上記の APARE と水田からのメタン(CH₄)の放出を主テーマとした RICE (Rice Cultivation and Trace Gas Exchange: 稲作と微量ガス交換)である。IGAC の他のテーマに中では PASC (Polar Atmospheric and Snow Chemistry) への我が国の研究者の参加, 昭和基地を中心とした国内

プロジェクトの推進などが挙げられる。これらのテーマの下で推進された 1990 年代前半の我が国の大気化学研究成果のまとめと発表論文は学術会議報告書 (Japan National Committee for IGBP)⁸⁾に記録されている。

2.1.1 APARE

国際 IGAC では APARE のタスク (Task) として東アジアにおける気体放出インベントリ (いわゆる, エミッションインベントリ), 地上観測, 航空機観測, 地上観測ネットワークなどを掲げていたが, 1990 年当初我が国を始め東アジアの国々では, アジアが主導して大規模な国際大気化学共同観測を企画するだけの実力が研究能力的にも予算的にも備わっておらず, APARE としては日本, 中国, 台湾, 香港, 韓国などの研究者間のネットワークを築くため, 毎年 1 回各国持ち回りで研究連絡のための APARE 会合を開催することから活動を開始した。この状況を大きく変えたのは, 米国航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) の北西太平洋における航空機観測 PEM-West (Pacific Exploratory Mission-West) A が APARE の活動として行われる事が決まったことであった。PEM-West A では 1991 年 9 月に DC-8 を用いて我が国の横田基地, 香港, グアムを拠点とした大気化学観測が行われた⁹⁾。DC-8 航空機には我が国から近藤豊 (当時, 名古屋大学) らが一酸化窒素と総反応性窒素酸化物 (いわゆる NO, NOy) の測定器を搭載して観測が行われた¹⁰⁾。一方 PEM-West A の地上観測には, 我が国からは秋元肇ら (当時, 国立環境研究所) が国立台湾大学の C. M. Liu と協力して参加し, 隠岐, 沖縄, ケンティン (Kenting) でのオゾンと一酸化炭素の連続測定を行った¹¹⁾。PEM-West A の航空機観測は, 太平洋地域の自由対流圏で初めて, 窒素酸化物, オゾン (O₃), 一酸化炭素 (CO), 非メタン炭化水素 (NHMCs: Non-methane Hydrocarbons), 硫黄化合物などの同時観測を行ったもので, この地域の自由対流圏での光化学オゾン収支, 硫化ジメチル (DMS: Dimethyl Sulfide) の酸化過程などが初めて明らかにされた。また PEM-

West Aにおける地上観測は、東アジアにおけるオゾンの長距離輸送を初めて定量的に明らかにした研究である。APAREではこの後、PEM-West Bが1994年に行われている¹²⁾。また、APAREの一環としてアジアにおける二酸化硫黄(SO₂)と窒素酸化物(NO_x)の放出インベントリが初めて構築され¹³⁾、IGACのGlobal Focusの中のGEIA(Global Emission Inventory Activity)プロジェクトにデータが提供された。

2.1.2 RICE

初期の国際IGACに貢献したもう1つの我が国からの研究としては、RICEにおける陽捷行と八木一行(農業環境技術研究所)による主導的活動がある。RICEでは日本とタイの水田からのメタン放出フラックスの測定から、亜熱帯域における放出が初期のIPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル)の推定値よりずっと小さい事を明らかにし¹⁴⁾、その後のIPCCによる水田からのグローバルでのメタン放出量の推定値を大きく下方修正する成果をもたらした。

2.1.3 PASC

また、横内陽子(国立環境研究所)はPASCの一環としてのカナダ・アラートにおけるPolar Sunrise Chemistry-1992観測に参加し、臭素原子による地表O₃の減少時にトリクロロエチレンなどがO₃と正の相関を、プロモホルムなどは負の相関を持つことを明らかにした¹⁵⁾。

2.2 温室効果気体循環の研究

人間活動に伴う地球温暖化は、人類が直面している最も深刻な環境問題である。この問題に対処するためには、原因となっている温室効果気体の地球規模循環を明らかにし、将来の濃度増加の予測と抑制を高精度で行う必要があり、大気化学における重要な研究課題の1つとなっている。温室効果気体循環の研究は、国際的にはすでに1950年代末に二酸化炭素(CO₂)について、メタンや一酸化二窒素(N₂O)、ハロカーボン類などについては1970年代末に開始されており、地球温暖化が大きな関心事となった1990年頃から活発に行われるようになった。ちょうど、広域にわたる大気環境への関心が高まった時期と言えるだろう。一方、我が国においては、中澤高清を中心とした東北大学のグループが1970年代半ば過ぎに初めて温室効果気体循環の研究に着手し、その後国際的動向に合わせて気象庁や国立極地研究所、国立環境研究所、他の大学などでも行われるようになり、今日に至っている。

大気中の温室効果気体の変動を把握するために、気象庁や国立環境研究所などが国内の複数地点で連続観測を行うと同時に、東北大学や国立極地研究所、国立環境研究所による系統的な地上観測が南極や北極、シベリア、中国、カナダなどで実施され、観測の空白域を埋める努力がなされた。これらの地上観測に加え機動性に富んだプラットフォームを多

用することが、我が国における大気観測の大きな特徴となっている。すなわち、定期旅客機やチャーター機を利用した航空機観測や商船による船舶観測、大気球による成層圏観測、世界初となる人工衛星・いぶき(GOSAT: Greenhouse gases Observing SATellite)による全球観測といったことが行われ、変動の実態把握に貴重なデータを提供してきた¹⁶⁾。

このような観測が実施されるとともに、産業技術総合研究所や国立環境研究所、気象庁、海洋研究開発機構、東京大学などにおいて全球3次元大気化学輸送モデルの開発と活用が図られてきた。これらのモデルを用いた観測データの解析は、温室効果気体循環の定量的理解に新たな知見をもたらすとともに、IGBPの特別プロジェクトであった全球大気輸送モデル相互比較計画(Atmospheric Tracer Transport Model Intercomparison: TransCom)や全球炭素計画(Global Carbon Project: GCP)が展開する領域炭素収支評価(Regional Carbon Cycle Assessment and Processes: RECCAP)などの推進にも大きく貢献した。

2.3 オゾンの光分解に関する室内実験

オゾンの紫外域における光分解反応で生成する電子励起酸素原子O(¹D)は、対流圏のヒドロキシラジカル(HO_x)や成層圏におけるHO_xやNO_xの生成効率を支配する重要な化学種である。実際、NASAジェット推進研究所(JPL: Jet Propulsion Laboratory)¹⁷⁾や国際純正・応用化学連合(IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry)¹⁸⁾が取りまとめている大気化学反応データベースには、オゾンの光分解過程に関するデータが詳しく収録されており、その重要性は1990年代以前から認識されていた。しかしながら、1990年代半ばまで、オゾンの紫外光分解から生成するO(¹D)の量子収率の推奨値には大きな不確定性があった。松見豊や高橋けんし(当時、北海道大学)らは、真空紫外レーザー誘起蛍光法と呼ばれる新しい超高感度分光法の開発に成功し、O(¹D)の量子収率を精密に計測したところ、1990年代半ばまで大気モデル計算に使われていたO(¹D)の量子収率の推奨値には間違いがあること、その間違いを修正すると対流圏HO_xの生成効率が最大で約2倍も大きくなることが明らかになった¹⁹⁾⁻²¹⁾。

こうした経緯を踏まえ、オゾンの紫外光分解で生成するO(¹D)量子収率に関して、既往の測定値から最新の実験報告までを精査し、大気モデル計算用の推奨値を検討する国際プロジェクトが1999年に発足した。このプロジェクトはIGAC/SPARCの共同課題(ジョイント・タスク)として位置づけられ、Chemistry and Microphysics in the Lower Stratosphere and Upper Troposphereの主査を務めていたA. R. Ravishankara(米国海洋大気庁(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)のAeronomy Laboratory)をはじめ、室内実験と観測の研究者で構成され、主査を松見豊が務めた。3年ほどの活動を

経て、2002年にJournal of Geophysical Research誌上にて推奨値を発表した²²⁾。その推奨値は、現在に至るまで、NASA/JPLやIUPACのデータベースにも収録されており、大気モデリングのための最も重要なパラメータの1つとして使われ続けている。

2.4 メガシティ大気汚染・大気質研究

第二期の国際IGACでは、大気化学研究として重要かつ明瞭な研究目的を持っていることや、国際共同研究であることなど、幾つかの項目を満たした研究活動のみをIGACのタスクとして認定する方針を採用した。日本の大気化学コミュニティでは、日本のプレゼンスを上げるため、2003年に近藤豊(東京大学)を課題代表として「メガシティ：アジア(Megacities: Asia)」をタスクとして提案し、最終的に認定された。これは、東アジアのメガシティが果たしているエアロゾルやオゾンの発生源としての役割(ローカルから半球規模)を研究するという計画である。これは大気汚染研究であってIGAC研究の範疇に含まれないとの意見もあった。現在では、グローバルな大気化学の中でのメガシティ研究は重要な位置づけをもっている。

「メガシティ：アジア」はアジアの研究者がその知見を共有しながら、各国のメガシティを研究する計画で、日本では東京(関東)を研究対象としたIntegrated Measurement Program for Aerosol and oxidant Chemistry in Tokyo (IMPACT)プロジェクトが2003~2004年に実施された。これは、巨大発生源であるアジアのメガシティのさまざまな発生源から発生する1次成分が、発生源近傍でどのように2次成分を生成し、また消失していくのか、そのプロセスを理解することを目的としていた。このプロジェクトによりOHラジカルやHO₂ラジカルの動態、微小エアロゾルの化学組成の内訳、2次有機エアロゾルの短時間での生成プロセス、2次有機エアロゾルとオゾンの空間分布の類似性、酸化過程により生成された有機エアロゾルと水溶性有機エアロゾルとの関係、エアロゾルの吸湿特性と化学組成の関係、黒色炭素エアロゾルの他成分の被覆と雲凝結核特性の関係など、多くの研究成果が得られた²³⁾。

国際共同研究として、2006年には中国の香港に近い広州および北京の2箇所で相次いで実施されたメガシティ研究に日本の研究チームが、ドイツ、韓国、台湾の研究チームとともに参加した。ここでも日本が実施したラグランジュ的な観測に基づく研究方法が重要視されたという点で、IMPACT計画の貢献は大きい。

3. 日本における大気化学コミュニティの発展と国際活動へのコミットメント

3.1 国際会議・ワークショップの開催

1990年代初期の我が国の大気化学研究活動のエポッ

クとして、1994年9月に富士吉田でJoint Meeting on Global Atmospheric Chemistry (8th CACGP Symposium / 2nd IGAC Science Conference)が開催された²⁴⁾。この会議に関しては前回1990年フランス・シャムルース(Chamrusse)における7th CACGP Symposiumにおいて、次回の日本開催が要請され受諾したこともあり、シャムルース会議に参加した小川利紘、秋元肇、河村公隆、植松光夫らが組織委員会の中心となった。富士吉田会議の参加者は外国人約170名(米国61名、ドイツ21名、英国13名など)、日本人約90名の参加国27カ国におよぶ合計約260名で、我が国のその後の大気化学研究促進に大きなモーメントを与え、我が国の大気化学研究が国際的に認知されるきっかけとなった国際会議である。

その後、1997年には日本学術会議IGAC小委員会(委員長：秋元肇)の主催で岩坂泰信を現地組織委員会(いわゆるLOC: Local Organizing Committee)の委員長とし、日本学術会議の他、当時の宇宙開発事業団(NASDA)の支援を得て、名古屋において“International Symposium on Atmospheric Chemistry and Future Global Environment”が開催された²⁵⁾。この会議はIGACとしてはRegional Conference(地域的な会議)の位置づけであったが、前々年の1995年にノーベル化学賞を受賞したPaul Crutzen、初代IGAC SSC ChairのRonald G. Prinn、第2代ChairのGuy Brasseurを初め、外国からの参加者約80名、日本人約90名、日本在住の外国人約10名、合計約180名の参加を得て開催され、我が国の大気化学研究の成果が広く国際的に発信される良い機会となった。

2009年10月にはIGACとSPARCの合同SSC会議が京都で開催された。これに付随して、“One Atmosphere”と題したIGAC-SPARC合同のワークショップを開催し、SSCメンバー11人と日本の研究者13人によるきわめて質の高い口頭発表がなされた。また国際IGAC/SPARCの研究アクティビティの紹介を含む44件のポスター発表も行われた。日本の若い研究者たちも大いに刺激を受ける良い機会となった。

2012年には、北京で開催されたIGAC国際会議の後にIGAC国際プロジェクトオフィスのMegan Melamed博士を招いて、「日本の大気化学研究推進会議」が開催された。Melamed博士からはIGACの現在の活動や今後の動向などの紹介があり、日本の若手・中堅の研究者から研究紹介があった後、今後の日本とIGACとの関わりや連携の可能性などが議論された。

IGAC国際会議は2年に一度開催され、うち2回に1回(つまり4年に一度)は親組織の1つであるiCACGPとの共同開催としてIGAC/iCACGP会議として開かれている。IGACとして第一回目の国際会議は1993年にイスラエルのエイラートで開催され、その後、富士吉田、北京、メルボルン、シアトル、

ボローニャ、クレタ、クライストチャーチ、ケープタウン、アヌシー、ハリファックス、北京、そして2014年のナタールでの会議で第13回目を数えた。第2回となる富士吉田での会議の際には約260人だった参加者が、今では定常的に500人を超えるまでになっている。現在、ニューズレターの登録者数は約3,500人となっており、世界各国で多くの科学者がIGACに参加し大気化学研究に取り組んでいる。日本からの参加者も当初の数名から大幅に増え、今では常時30人程度が参加している。また、2016年の第14回会議はボウルダー近郊のブレッケンリッジ(Breckenridge)で開催される予定となっており、現SSCメンバーのClaire Granier(フランス・LATMOS-IPSL研究所)と谷本浩志(国立環境研究所)がサイエンスプログラムの共同座長として準備を進めている(<http://www.igac2016.org>)。

iCACGPがIGACの設立に大きな役割を果たしたことは先に述べた通りであるが、これまでIGACとiCACGPが4年に一度共催で国際会議を行っていることに見られるように、現在でもIGACとiCACGPは密接な関係を持っている。iCACGPは1971年に始まったICSU傘下のIAMASの下部委員会であるが、その前身は1957年に開始された、大気化学と放射能に関する委員会(CACR: Commission on Atmospheric Chemistry and Radioactivity)である。1987年カナダ・ピーターボロで開催された第6回CACGPシンポジウムの参加者は200名程度であり、日本からの参加者も小川利紘、安部喜也、秋元肇、横内陽子(国立環境研究所)など7~8人が参加した。また、当時在米の河村公隆(ウッズホール海洋研究所)、植松光夫(ロードアイランド大学)なども参加した。その後は1990年にフランス・シャムルースで開催され、1994年の富士吉田からはIGACと共同開催されているが、現在までに秋元肇、河村公隆(北海道大学)、近

藤豊、林田佐智子(奈良女子大学)、竹川暢之(首都大学東京)がメンバーを務めている。中でも、1998~2002年には秋元肇が委員長、2006~2010年には河村公隆が副委員長を務めるなど、日本の大気化学者の貢献は大きい。CACGPの執行部の活動としては、4年に一度のiCACGP国際会議の準備に加えて、国際測地学・地球物理学連合(IUGG: International Union of Geodesy and Geophysics)国際会議の中の大気化学関連IAMASセッションの企画がある。ところでiCACGPという名称であるが、Maria Kanakidou委員長の提案で、CACGPの前にInternationalをつけてiCACGPという名称に変更された。

3.2 SSCへの関与・貢献

1990年のIGAC発足は欧米主導であったが、その後、過去10年の間に国際化が進み、当初からSSCに加わっていた日本や中国を初めとして、今では韓国、インド、台湾、タイといったアジアの研究者がSSCに入り活躍している。日本からは、秋元肇(1991~1996、1997~2000年はカウンスルメンバー)、近藤豊(1997~2002、2007~2011年)、小池真(2003~2006年)がSSCメンバーを務め、現在は谷本浩志(2012年~)がSSCメンバーを務めている。表3に現在のIGACにおける研究活動(Activityと呼ばれている)をまとめた。

2010年、IGACは大気化学的に重要であるにもかかわらず人的ネットワークがない(または、弱い)地域で国または地域レベルで団結力のある大気化学コミュニティを作り、IGACを通じて他の地域の研究者との国際的な連携を促進することを目的として、ワーキンググループ(WG: Working Group)という活動を立ち上げた。これまで2011年にChina WGが、2012年にはAmericas WGが立ち上がって活動を開始した。日本ではすでにIGAC小委員会として日本学術会議のもとで類似の組織があったため、IGAC

表3 現在のIGACにおける研究活動(Activity)。

略称	正式名称	共催機関
ACAM	Atmospheric Composition and the Asian summer Monsoon	WCRP-SPARC
AICI	Air-Ice Chemical Interactions	SOLAS
Air Pollution & Climate	Air Pollution & Climate	IGBP
CCMI	Chemistry-Climate Model Initiative	WCRP-SPARC
DEBITS	Deposition of Biogeochemically Important Trace Species	WMO
Fundamentals of Atmospheric Chemistry	Fundamentals of Atmospheric Chemistry	---
GEIA	Global Emissions Initiative	iLEAPS, AIMEs
HitT	Halogens in the Troposphere	SOLAS
IBBI	Interdisciplinary Biomass Burning Initiative	iLEAPS, WMO
OASIS	Ocean-Atmosphere-Sea Ice-Snowpack	---
POLARCAT	Polar Study using Aircraft, Remote Sensing, Surface Measurements, and Models of Climate Chemistry, Aerosols, and Transport	---
TOAR	Tropospheric Ozone Assessment Report	---

のもとで新たなWGを作ることはしていないが、日本国内の大気化学研究活動とIGACとの関係をより強めるために、IGAC小委員会をJapan National Committee (<http://igacproject.org/JapanNationalCommittee>)としてIGACのワーキンググループの中に位置づけてもらい、国際的な「見える化」をおこなった。

3.3 日本の大気化学研究者の組織化

IGACの発足直後である1990年には「大気化学シンポジウム」が開催され、それ以降、名古屋大学太陽地球環境研究所の主催により毎年開催されてきた。また、1994年の富士吉田IGAC会議を契機として、1995年には「大気化学討論会」の開催が始まった。これら一連の大気化学を対象にした研究成果の発信の場、研究者の情報交換や連携の模索・推進の場は、1999年1月7日に正式な組織として「大気化学研究会」として発足し、日本の大気化学に関連する研究者の発展と連携に貢献してきた。その間、大気化学研究のさらなる展開に加え、大気化学を他分野の研究者にアピールすることや大気化学に関連する地球科学分野との連携強化を目的に、2006年に日本地球惑星科学連合(JpGU: Japan Geoscience Union)への加盟を行い、研究会として開催してきた2つの研究集会のうちの1つである「大気化学シンポジウム」を第17回で終え、2007年からJpGU連合大会の「大気化学」セッションに発展的に移行された。それ以降、「大気化学」セッションは毎年開催され、今では連合大会の主要セッションの1つになっている。なお、大気化学討論会は2014年には第20回を迎えた。

同時に、大気化学をメインの専門分野とした若手・中堅研究者も多く育ち、大気化学分野の一層の発展・展開を目指すとともに、大気化学研究者間並びに関連する研究分野の研究者との連携の推進を目指して、2014年1月1日から「日本大気化学会」に名称変更がなされた(<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/ste-www1/div1/taikiken/>)。現在、200名超の会員がおり、うち学生が20~50名である。日本大気化学会はIGACに主に関連する研究者を中心に、しかしそれに留まらずにSPARC, SOLAS(Surface Ocean - Lower Atmosphere Study: 海洋・大気間の物質相互作用研究計画), iLEAPS(Integrated Land Ecosystem - Atmosphere Processes Study: 統合陸域生態系-大気プロセス研究計画)に関する研究者が、対流圏や成層圏、陸域生態系や海洋表層との物質交換・相互作用を議論するフォーラム(場)を作っている点が世界的にみてもユニークである。年2回の研究発表会に加え、情報共有のためのメーリングリスト、年2回のニュースレター(現在、32号)、若手研究者を対象にした「奨励賞」などその活動も幅広い。

一方、日本学術会議の中に設置されたIGAC小委員会は、現在、「環境学委員会・地球惑星科学委員会

合同IGBP・WCRP・DIVERSITAS合同分科会IGAC小委員会」となり、第23期を迎えている。IGAC小委員会では、主に対流圏を対象とした地球規模の大気化学研究(例えば、大気質、物質循環、気候影響等)を推進している26名の委員により、IGACの国際共同研究計画に日本として対応・発信できる立案を行うとともに、研究のさらなる発展を目指して、(1)国内におけるIGAC関連研究の進捗状況に関する審議、(2)国外におけるIGAC関連研究の動向と対応に関する審議、(3)他の国際プロジェクトの研究動向及びIGACとの連携に関する審議を行っている。

3.4 書籍・アウトリーチなどの活動

1998~2000年には科学研究費補助金「重点領域研究」(代表: 田中正之(東北大学))が採択され、これは大気化学研究分野を包括した我が国で初めての大型研究資金となった²⁶⁾。本研究は、(A)対流圏光化学とオゾン収支、(B)温室効果気体の変動と循環のダイナミクス、(C)アジア・太平洋地域でのエアロゾルの変動と放射への影響、(D)対流圏におけるハロゲンの化学と循環、から構成されている。本研究を中心とした成果は、2002年に「対流圏大気の大気化学と地球環境」として学会出版センターより出版された²⁷⁾。

特定の研究課題(Task)で成果を上げる一方において、より広く長期的な視点から日本の大気化学研究・大気環境研究を今後どのように進めていくべきか検討する必要性が認識された。その結果として、今後の大気化学研究に関する提言を2008年の学術会議の記録文書としてまとめた²⁸⁾。国際的な研究動向の分析、日本を中心とした温室効果気体、オゾン、エアロゾルの研究、海洋や陸上生態系との相互作用、成層圏とのカップリング、人工衛星観測との連携、測定標準化やデータベースなどなど、多角的な視点から、研究のレビューと今後を目指すべき研究の提言がまとめられた。これらの提言の一部はその後、国内外の研究により研究が大いに進展したとともに、まだ残された今日的な課題もある。

4. 現在のイニシアチブ

近年の大気化学研究は、野外観測、三次元化学輸送モデル、対流圏衛星観測などを統合的に駆使した研究が行われ、大気化学が気候や健康に及ぼす影響など、大気化学と地球システム・社会システムに関する研究が活発になってきている。アジア・オセアニア・ユーラシア地域を主なフィールドとして、現在進行中のプロジェクトについて紹介する。

4.1 宇宙からの大気環境観測研究

人工衛星を用いた地球観測や研究用航空機の導入による研究観測など、大型プロジェクトの推進は必要であると考えられる。特に、日本大気化学会の「大

気環境観測衛星検討会」を中心に、静止衛星に搭載する GMAP-Asia (Geostationary Mission for Meteorology and Atmospheric Pollution in Asia) 計画と国際宇宙ステーションに搭載する APOLLO (Air Pollution Observation) / Anu-ISS 計画による大気汚染物質の衛星観測が検討されてきた。欧州の衛星センサー GOME (Global ozone Monitoring Experiment) による二酸化窒素 (NO₂) 等大気汚染物質の全球観測が 1995 年に開始されて以降、宇宙からの対流圏大気環境観測が活発になってきた。東アジアは欧米と比べて対流圏オゾン・エアロゾル濃度が高い地域であり、とりわけ我が国では、アジアからのオゾン等越境大気汚染問題が深刻で社会・政策的にもニーズが高いにも関わらず、対流圏の反応性微量反応性気体を衛星観測する独自計画はこれまで実現してこなかったことがその背景に挙げられる。

GMAP-Asia を通じて、大気化学研究の飛躍を目指すほか、政策への貢献を視野に入れている。近年、メタン、オゾン、ブラックカーボン等は短寿命気候汚染物質 (SLCP: Short-Lived Climate Pollutants) と呼ばれ、それらの削減は大気汚染・地球温暖化の両方を同時に緩和するため発展途上国にとってもインセンティブが高く、また、より近い将来 (2050 年まで) の気候変化を緩和するため、CO₂ の削減を補完する施策として近年大きな注目を浴びていることから、発生源から全球にわたって、SLCP を総合的に統一的な方法で観測する APOLLO/Anu-ISS ミッションは、SLCP 削減施策の根拠となると同時に、その進行を管理するための有効かつ効率的な手段であり、持続発展を目指す国際社会への大きな貢献となりうると思われる^{29), 30)}。

4.2 アジアモンスーンと大気組成研究

アジアの大気化学との関わりといった点では、アジアモンスーンと大気組成研究が挙げられる。現在、IGAC と SPARC の共同課題として、アジアモンスーンと大気組成 (ACAM: Atmospheric Composition and the Asian summer Monsoon) プロジェクトの名前で正式に立ち上がった。キーワードはアジアモンスーンであり、次の 4 つのトピックスについて研究が展開されつつある (<http://igacproject.org/ACAM>)。

1. アジアモンスーン地域における排出と大気質
2. エアロゾル、雲、そしてアジアモンスーンとの相互作用
3. モンスーン対流が大気化学に及ぼす影響
4. 上部対流圏・下部成層圏のアジアモンスーンへの応答

IGAC は対流圏を中心として広域大気汚染から炭素循環まで幅広い分野をカバーするグローバルな大気化学の研究プロジェクトであるが、地域に即した研究 (リージョナルスタディ) によるプロセス解明の

研究が盛んに行われていることが特徴である。ACAM では、アジアモンスーンに影響を受ける南アジア～東南アジア～北東アジアの一部の地域を対象に、大気汚染やバイオマスバーニングに関する放出イベントの構築・改良、フィールド観測、衛星観測による広域影響解析、モデリングによるプロセスやメカニズムの理解といった研究が行われる予定であり、日本の研究者も少なからず参加している。アジア地域ではこの 10 年間、中国を対象に多くの観測研究がなされてきたが、アジアモンスーン地域は大気化学の次のフロンティアとして注目されている。

しかしながら、当該地域における大気化学研究者が組織化されていないこと、それゆえ国際コミュニティとあまり繋がっていない課題があった。一方、日本は古くから東南アジアと比較的強い結びつきがあり、現地での研究経験も豊富であることから、日本が果たせる役割は大きい。日本を中心とした北東アジアからの IGAC の SSC メンバーの支援のもと、当該地域においてまとまりのある大気化学コミュニティを作ることを目指している。これをコアにして、広くパン・アジアワーキンググループを形成する活動である。2015 年 3 月と 6 月に開催された 2 回のワークショップを経て設立が合意され、IGAC-MANGO (IGAC-Monsoon Asia and Oceania Networking Group) という名前で活動を開始する予定である³¹⁾。

このような活動が進展すれば、大気汚染物質と温室効果気体双方の大規模発生源であるアジアにおいて、大気汚染と気候変動に関するサイエンス&ポリシーダイアログ (科学と政策の対話) が進み、気候と大気浄化のコアリション (CCAC: Climate and Clean Air Coalition) や、ICSU などが推進する国際研究プログラムであるフューチャー・アース (Future Earth) への科学的貢献が期待できる。

4.3 有機エアロゾルに関する多相反応研究

PM_{2.5} による大気汚染が社会的に大きく取り上げられ、観測データとモデル計算との比較が行われるようになると共に、有機エアロゾル成分に対するモデルによる過小評価が報告され、その不一致は未だ解決されていない。対流圏オゾンの生成に関する主要な均一反応のほとんどが素反応として研究され、多くの揮発性有機化合物 (VOC: Volatile Organic Compounds) の酸化反応機構・反応速度定数が確立されているのに対し、有機エアロゾルの生成に関わる主要な多相反応 (不均一反応)、及び一部の VOC の気相反応についてはまだ解明されておらず、研究が緒に着いたばかりのものも多い。

こうした大気中の多相反応機構・反応速度に関する反応化学研究は、今後 10 年の大気化学の基礎 (Fundamentals) としての最大の研究テーマであり、物理化学的手法を駆使した実験室的研究と量子化学を駆使した理論的研究の協力が強く望まれている。大気化学と分子科学 (理論化学・計算化学) の連携の

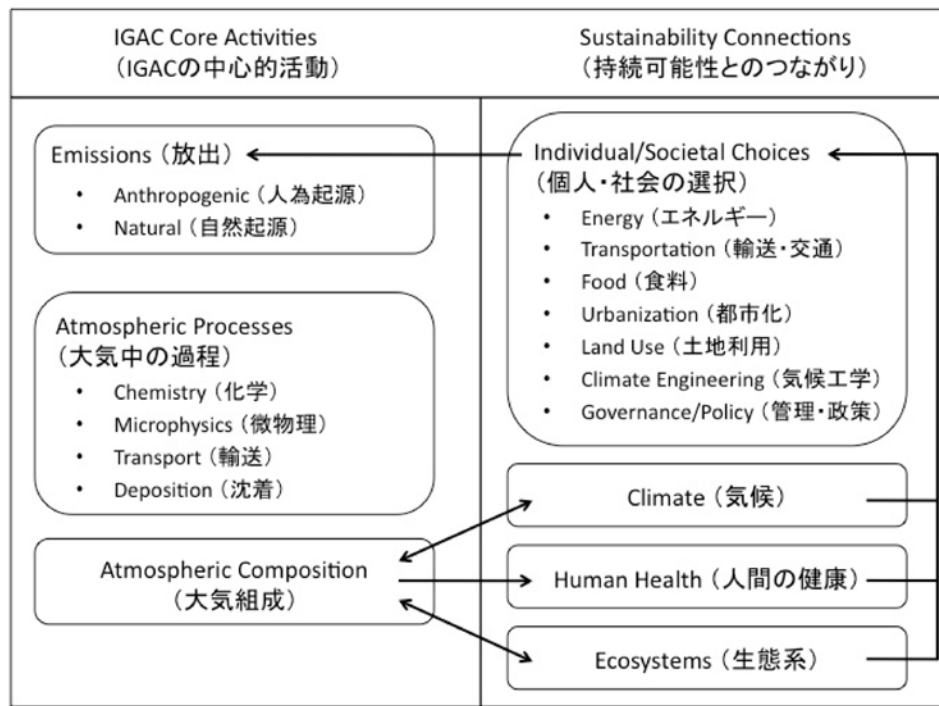


図1 持続可能な世界の構築に対するIGACのビジョン。

重要性が認識され、実験系研究者と理論研究者を中心に、大気化学者が広くサポートする体制で議論を重ね、日本発のプロジェクト立案につながる予定である。2015年8月には、IGAC Fundamentals アクティビティの一環として、北京大学のTong Zhu教授と秋元肇のリードで「International Workshop on Heterogeneous Kinetics Related to Atmospheric Aerosols」が北京で開催される。

5. まとめと今後

大気化学研究はその発足から約25年を迎え、学問としてかなり成熟してきた感がある。折しもIGBPのFuture Earthへの移行に伴い、IGACは2016年1月よりiCACGPとFuture Earthの共同支援による運営となり、いよいよ次の段階に移行することとなった。

図1は、持続可能な世界の構築に対するIGACのビジョンを示したものである(<http://igacproject.org/Vision>の原図に日本語訳をつけた)。左半分にIGACの中心的活動である大気化学的要素を、右半分に地球の持続可能性と繋がる要素を示している。IGACは、地球規模の持続可能性を重要な課題として認識しており、放出源、大気過程、大気組成といった大気化学的要素と、気候、健康、生態系、個人・社会の選択といった持続可能性における要素の関わり合いや相互影響に強い興味を持っている。IGACとして持続可能な世界の構築に貢献するために、必要に応じて国際研究計画を新たに立ち上げ、世界中の大気化学研究者が情報交換できる国際的なハブとな

り、大気化学のためのキャパシティ・ビルディングを行うといった3つの役割を通じて、個々の研究を統合化・総合化することに注力している。こうした大気化学研究の組織化と推進がIGACのミッションであり、これにより持続可能な世界の構築に貢献することができると考えている。

日本においても、いわば「大気化学の父」とも呼べる先達の弟子たち二世代が最前線に立って研究を推進する立場になってきており、今後はさらなる国際化はもとより、アジア・オセアニア・ユーラシア地域を主なフィールドとした研究で世界の大気化学研究をリードし、持続可能な世界の構築に貢献していくことが求められている。

謝 辞

名古屋大学太陽地球環境研究所からは、共同利用研究会として長年にわたって支援を頂いた。また、原稿作成にあたり有益なご意見をくださった植松光夫先生、小川利紘先生のお二人に感謝申し上げます。

引用文献

- Galbally, I. E., ed. (1989) The International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Programme, A Core Project of the International Geosphere-Biosphere Programme, Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution of the International Association of Meteorology and Atmospheric Science, 55pp.

- 2) IGBP Secretariat (1990) The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP): A Study of Global Change, The Initial Core Project. IGBP Global Change Report, No. 12, IGBP, Stockholm, 330pp.
- 3) A. A. P. Pszenny and R. G. Prinn, eds. (1994) International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Project, The Operational Plan. IGBP Global Change Report, No. 32, IGBP, Stockholm, 134pp.
- 4) Molina, L. T. (1992) East Asian/North Pacific Regional Experiment (APARE), IGAC Core Project Office, MIT, Cambridge, MA, 12pp.
- 5) Japan National Committee for IGBP (1995) International Geosphere-Biosphere Programme, An Interim Report of IGBP Activities in Japan 1990-1994, Science Council of Japan, 32pp.
- 6) 岩坂泰信(1988)地球規模大気化学研究計画, 昭和62年度科学研究費補助金(総合研究B)研究報告書, 昭和63年3月, 62pp.
- 7) 第1回IGACシンポジウム(地球大気化学国際協同研究計画)報告集(1991), 161pp.
- 8) 日本学術会議(1992)日本のIGBP研究の現状と将来報告書: 地球圏-生物圏国際協同研究計画(IGBP)シンポジウム, 1992年2月4-5日, 東京, 145pp.
- 9) Hoell, J. M., D. D. Davis, S. C. Liu, R. E. Newell, H. Akimoto, R. J. McNeal, R. J. Bendura, J. W. Drewry (1996) Pacific Exploratory Mission-West A (PEM-West A): September-October 1991. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 101(D1), 1641-1653.
- 10) 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. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 101(D1), 1829-1851.
- 11) Akimoto, H., H. Mukai, M. Nishikawa, K. Murano, S. Hatakeyama, C.-M. Liu, M. Buhr, K. J. Hsu, D. A. Jaffe, L. Zhang, R. Honrath, J. T. Merrill and R. E. Newell (1996) Long-range transport of ozone in the East Asian Pacific rim region. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 101(D1), 1999-2010.
- 12) Hoell, J. M., D. D. Davis, S. C. Liu, R. E. Newell, H. Akimoto, R. J. McNeal, R. J. Bendura (1997) The Pacific exploratory mission-west phase B: February-March 1994. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 102(D23), 28223-28239.
- 13) Kato, N. and H. Akimoto (1992) Anthropogenic emissions of SO₂ and NO_x in Asia: emission inventories. *Atmospheric Environment*, 26A, 2997-3017.
- 14) Yagi, K., P. Chairaj, H. Tsuruta, W. Cholitkul and K. Minami (1994) Methane emission from rice paddy fields in the central plain of Thailand. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40, 29-37.
- 15) Yokouchi, Y., H. Akimoto, L. A. Barrie, J. W. Bottenheim, K. Anlauf and B. T. Jobson (1994) Serial gas chromatographic/mass spectrometric measurements of some volatile organic compounds in the Arctic atmosphere during the 1992 polar sunrise experiment. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 99(D12), 25379-25389.
- 16) Sawa, Y., T. Machida and H. Matsueda (2012) Aircraft observation of the seasonal variation in the transport of CO₂ in the upper atmosphere. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 117, D05305. doi:10.1029/2011JD016933.
- 17) Sander, S. P., J. P. D. Abbatt, J. R. Barker, J. B. Burkholder, R. R. Friedl, D. M. Golden, R. E. Hue, C. E. Kolb, M. J. Kurylo, G. K. Moortgat, V. L. Orkin, P. H. Wine (2011) Chemical kinetics and photochemical data for use in atmospheric studies. *JPL Publication*, Evaluation Number 17, 10-6, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena.
- 18) Atkinson, R., D. L. Baulch, R. A. Cox, J. N. Crowley, R. F. Hampson, R. G. Hynes, M. E. Jenkin, M. J. Rossi, J. Troe (2004) Evaluated kinetic and photochemical data for atmospheric chemistry: Volume I - gas phase reactions of Ox, HO_x, NO_x and SO_x species. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 4, 1461-1738.
- 19) Takahashi, K., M. Kishigami, Y. Matsumi, M. Kawasaki, A. J. Orr-Ewing (1996) Observation of the spin-forbidden O(¹D) + O₂(X³Σ_g⁻) channel in the 317-327 nm photolysis of ozone. *Journal of Chemical Physics*, 105, 5290-5293.
- 20) Matsumi, Y. and M. Kawasaki (2003) Photolysis of atmospheric ozone in the ultraviolet region. *Chemical Reviews*, 103, 4767-4781.
- 21) Ravishankara, A. R., G. Hancock, M. Kawasaki, Y. Matsumi (1998) Photochemistry of ozone: surprises and recent lesson. *Science*, 280, 60-61.
- 22) Matsumi, Y., F. J. Comes, G. Hancock, A. Hofzumahaus, A. J. Hynes, M. Kawasaki, A. R. Ravishankara (2002) Quantum yields for production of O(¹D) in the ultraviolet photolysis of ozone: Recommendation based on evaluation of laboratory data. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 107(D3). doi:10/1029/2001JD000510.
- 23) Kondo, Y., N. Takegawa, H. Matsui, T. Miyakawa, M. Koike, Y. Miyazaki, Y. Kanaya, M. Mochida, M. Kuwata, Y. Morino and M. Shiraiwa (2010) Formation and transport of aerosols in Tokyo in relation to their physical and chemical properties: a review. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 88, 597-624.

- 24) Joint Meeting on Global Atmospheric Chemistry, 8th Symposium of CACGP and 2nd Scientific Conference of IGAC (1994) Programme and Collected Abstracts, Fuji-Yoshida, Japan, 5-9, September, 1994, 154pp.
- 25) International Symposium on Atmospheric Chemistry and Future Global Environment (1997) Program and Extended Abstracts, Nagoya, Japan, 11-13 November, 1997, 486pp.
- 26) 田中正之(1997)対流圏グローバルダイナミクス. 科学研究費補助金「重点領域研究」平成10年度発足重点領域申請書.
- 27) 秋元 肇・河村公隆・中澤高清・鷺田伸明(編)(2002)対流圏大気の化学と地球環境, 学会出版センター, 223pp.
- 28) 日本学術会議環境学委員会・地球惑星科学委員会 IGBP・WCRP 分科会 IGAC 小委員会(2008)今後の日本の大気化学研究: IGAC 小委員会の提言. 小池 真(編), SCJ 第20期 200910-20600104-017, 日本学術会議, 144pp.
- 29) Committee on Atmospheric Environment Observation Satellites, Japan Society of Atmospheric Chemistry (2012) *Science Plan for Geostationary Mission for Meteorology and Atmospheric Pollution in Asia (GMAP-Asia)*, National Institute of Information and Communications Technology, 77pp.
- 30) 金谷有剛・谷本浩志・笠井康子・北 和之, APOLLO 科学要求検討チーム(2012)国際宇宙ステーションからの大気環境観測ミッション APOLLO 提案: 科学的意義. 第53回大気環境学会年会講演要旨集, 53, 515.
- 31) Tanimoto, H., N. T. Kim Oanh and M. G. Lawrence (2015) Planning Workshop for Developing a Framework for Cooperation Between IGAC Activities in Asia. *IGACnews*, 54, 16-17.



谷本 浩志／Hiroshi TANIMOTO

国立環境研究所地球環境研究センター地球大気化学研究室・室長。1996年東京大学理学部化学科卒業，2001年同大学院理学系研究科化学専攻博士課程修了。同年より国立環境研究所大気圏環境研究領域大気反応研究室勤務。その後ハーバード大学客員研究員などを経て，11年より現職。10年に国連「大気汚染の半球規模輸送タスクフォース」評価報告書を共同執筆，12年より国際地球大気化学プロジェクト・科学運営委員会メンバーを兼任。専門は大気化学，環境科学，生物地球化学で，対流圏オゾンを中心とした地球規模大気汚染研究，大気海洋間における揮発性有機化合物の交換に関する研究を展開している。



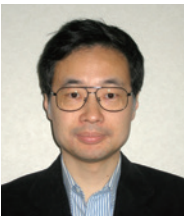
秋元 肇／Hajime AKIMOTO

1967年東京工業大学化学専攻博士課程修了，理学博士。1974年から国立環境研究所(当初国立公害研究所)大気環境部，光化学スモッグチャンバーの建設，反応メカニズムの研究に従事。1993年東京大学・先端科学技術研究センター教授に転出，国内の離島を初め，中国の華北平原やシベリアでオゾン長距離輸送などの野外観測。2000年海洋研究開発機構・地球フロンティア研究センターに転出し，オゾンの大陸間輸送などを扱う大気化学モデルグループ・OHラジカルの野外測定などを扱う観測グループの立ちあげ。2009年から2015年3月までアジア大気汚染研究センター(当初，酸性雨研究センター)所長。2015年4月から国立環境研究所客員研究員。主な著書に『大気反応化学』(朝倉書店)がある。



中澤 高清／Takakiyo NAKAZAWA

東北大学・名誉教授，客員教授。1976年東北大学大学院理学研究科博士課程単位修得退学後，同大学理学部助手，助教授，教授，同大学院理学研究科教授などを経て，2012年より現職。専門分野は地球表層における温室効果気体の循環であり，温室効果気体および関連要素の高精度計測技術の開発，それを基にした広域にわたる大気観測，氷床コア分析による過去の変動の復元，海洋炭素循環の観測，観測データおよび全球モデルによる循環解析などを行ってきた。最近の著書として『地球環境システム－温室効果気体と地球温暖化』(共立出版)がある。



小池 真／Makoto KOIKE

東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻・准教授。1985年早稲田大学理工学部物理学科卒業，1987年東京大学理学系研究科地球物理学専攻修士課程修了，1990年同専攻博士課程修了，理学博士。1990年より名古屋大学太陽地球環境研究所大気圏環境部門助手，1998年より同研究所助教授，2000年より現職。この間，世界各地での観測などにより成層圏オゾン，対流圏オゾン，エアロゾルや雲などの研究を実施。またIGAC科学運営委員会メンバー，日本学術会議IGAC小委員会委員長などを歴任。



近藤 豊／Yutaka KONDO

1972年東京大学理学部地球物理学科卒業，1977年東京大学理学博士，1992年名古屋大学太陽地球環境研究所教授，2000年東京大学先端科学技術研究センター教授，2011年東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻教授。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，大気中のエアロゾル，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始め，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に向けた研究を行ってきた。



河村 公隆／Kimitaka KAWAMURA

北海道大学低温科学研究所・教授。1981年東京都立大学大学院理学研究科修了(理学博士)，1981年日本学術振興会奨励研究員，1981年カリフォルニア大学(UCLA)博士研究員，1985年米国ウッズホール海洋研究所客員研究員，1987年東京都立大学理学部助教授，1996年より現職。2013年マルセイユ大学名誉博士。堆積物の有機地球化学から大気中の有機物研究に転進した。低分子ジカルボン酸等のガスクロマトグラフ・質量分析計による測定法を開発。有機エアロゾルの組成・起源・輸送・変質およびアイスコア中の有機物解析と過去の大気環境復元の研究を行ってきた。



松見 豊／Yutaka MATSUMI

名古屋大学太陽地球環境研究所・教授。2015年3月まで6年間研究所長をやっていた，なかなか研究が進まなかったが，所長職から解放されて研究に打ち込もうと考えている。しかし，定年まで片手の指が充分余るくらいになってしまった。研究人生の最初は，レーザー分光でO(D)+HDのような基本的な化学反応を調べる仕事をしていた。段々，大気化学に近づき，本稿の中のオゾンの光分解過程を高橋先生と行った。この10年くらいは，レーザー光などを用いた新たな大気観測装置の開発を行い，それを持って野外観測に出る研究に変わってきた。



高橋 けんし／Kenshi TAKAHASHI

京大学生存圏研究所・准教授。先端的なレーザー分光法などを用いた精密な室内実験により，大気中における微量気体やエアロゾルの生成・変質メカニズムを探る研究を行っている。また，微気象学的手法とレーザー技術の融合により，陸域生態系と下層大気との間の微量ガス交換フラックスを測定する新しい手法の開発なども行っている。とりわけ，二酸化炭素安定同位体やメタンといった温室効果気体や，植物由来有機化合物の動態解明に関心を持っている。さらに，植物生理学分野との協同により，生態系スケールから細胞レベルにおける炭素循環過程を詳しく追跡する研究も始めている。