

## 進歩賞－2

### 窒素酸化物、オゾン等、大気汚染物質のフィールド観測と国際貢献

弓場彬江

一般財団法人 日本環境衛生センター アジア大気汚染研究センター

#### 【はじめに】

この度は、令和7年度大気環境学会進歩賞という大変名誉な賞を授与いただき、光栄に存じます。ご推薦いただきました先生方、また長田会長および学会賞選考委員会をはじめとした選考関係者の皆様に心より感謝申し上げます。私はこれまでフィールドでの長期観測を主に研究を行なってきました。研究の始まりは大阪公立大学名誉教授の坂東博先生、定永靖宗教授のもとで、沖縄における窒素酸化物の越境汚染を評価する研究に携わったことです。この経験を通じて、同じ気象条件や濃度のイベントは二度と訪れないという、“一期一会”の観測の難しさと魅力を実感しました。その後も、多くの方々に支えられながら、CO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、PM<sub>2.5</sub>などを対象とした観測と研究を継続しています。本稿では、これまでに取り組んできた研究の概要と成果、そして国際的なモニタリング活動への貢献についてご紹介いたします。

#### 【窒素酸化物の越境輸送に関する研究】

20年ほど前の当時、東アジアでは硫黄及び窒素酸化物の排出に対する規制が現在と比べて緩く、排出された大気汚染物質が輸送され、風下側の日本へ流れて来ていました。周辺に顕著な発生源が存在しない清浄地域においては、越境輸送の影響を定量的に評価することが重要な課題でした。このような背景のもと、私は沖縄における窒素酸化物の長期観測体制を構築し、越境輸送の実態解明を目的とした研究に取り組みました。測定対象が、総反応性窒素酸化物(NO<sub>y</sub>)、ガス状硝酸(HNO<sub>3</sub>)、粒子状硝酸(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>(p))であり、清浄地域におけるNO<sub>y</sub>は数ppbv、HNO<sub>3</sub>やNO<sub>3</sub><sup>-</sup>(p)はさらに桁低い濃度であるため、高感度かつ高精度な測定手法の確立が求められました。市販のNO<sub>x</sub>計を改良し、既存の測定手法であるフィルターパック・デニューダ法との並行測定を実施して性能を評価し、清浄地域において十分な測定能力があることを示しました<sup>1-3)</sup>。改良機器を用い沖縄県辺戸岬の国立環境研究所辺戸岬大気・エアロゾル観測ステーションにて、NO<sub>y</sub>、ガス状硝酸、粒子状硝酸の連続測定を実施しました。得られたデータを用いて、NO<sub>y</sub>、ガス状硝酸、粒子状硝酸の日内変動や長期トレンド解析<sup>4) 5)</sup>、沖縄県辺戸岬、長崎県五島市のNO<sub>y</sub>およびCO長期測定データを用いてNO<sub>y</sub>沈着速度を算出するとともに、遠隔地域の輸送中におけるNO<sub>y</sub>の寿命がおおよそ1日程度であることを明らかにするなど<sup>6)</sup>、越境輸送過程における窒素酸化物の輸送中の反応および消失過程について評価しました<sup>7)</sup>。

#### 【CO<sub>2</sub>安定同位体比を用いたCO<sub>2</sub>の現状に関する研究】

名古屋大学太陽地球環境研究所に異動したのちは、CO<sub>2</sub>の発生源特定とその動態解明を目的として、CO<sub>2</sub>の安定同位体比(δ<sup>13</sup>Cおよびδ<sup>18</sup>O)の連続観測と解析に取り組みました。CO<sub>2</sub>の安定同位体比は、発生源の識別に有効な指標です。δ<sup>13</sup>Cは主に化石燃料の種類(石炭、天然ガスなど)を識別するために用いられ、δ<sup>18</sup>OはCO<sub>2</sub>が植物由来か、あるいは化石燃料由来かを判別する手がかりとなります。名古屋におけるCO<sub>2</sub>安定同位体比の連続測定から、名古屋市内の緑地から排出されるCO<sub>2</sub>の影響が示唆される結果を得ることができました。国立極地研究所北極観測センターに異動した後は、バックグラウンド地域におけるCO<sub>2</sub>の長期トレンド解析の一部を担当し、ノルウェー北部のスパールバル諸島での観測にも参加しました。

#### 【日本遠隔地におけるオゾンおよびPM<sub>2.5</sub>の研究】

2015年に一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター(ACAP)に着任してからは、PM<sub>2.5</sub>やO<sub>3</sub>に焦点を当てた研究を行なってきました。新潟においてPM<sub>2.5</sub>の質量濃度および成分濃度の集中観測を実施し、PM<sub>2.5</sub>発生源を解析、秋季にはアジア大陸からのバイオマス燃焼由来粒子の長距離輸送の影響を受けていることを明らかにしました<sup>8)</sup>。また、アフリカ・マリ共和国でのPMの化学組成分析から、家庭内でのバイオマス燃焼、殺虫剤や香の燃焼といった生活由来の排出源が大きな割合を占めていることが明らかとなりました。健康リスク評価の結果、ほぼすべての排出源において推奨限度を超えるハザード指数(最大6.04)が算出され、発展途上国における大気汚染緩和策の必要性が強く示唆されました<sup>9)</sup>。東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)におけるオゾンの長期観測データに対してカーブフィッティング法を適用し、長期トレンドの解析を行いました。その結果、隠岐や利尻といった日本海側の遠隔地域において、2012年以降オゾン濃度が増加傾向にあることが確認されました<sup>10)</sup>。

### 【東アジア・東南アジアにおける大気質モニタリングに対する貢献】

私が所属する ACAP は、EANET のネットワークセンターとして、域内各国における大気質モニタリングの支援とデータ品質管理に関する技術協力を担っています。私はその一員として、東アジアおよび東南アジア 諸国に対する観測技術の普及と能力向上支援に取り組んできました。Clean Air Asia による IBAQ Programme では、カンボジアなど 6 か国に PM<sub>2.5</sub>測定機器を導入し、現地での研修や品質管理体制の構築を支援しました。2022 年からは、小型センサーと従来型測定機器を組み合わせたハイブリッド型観測網の普及を目的とする技術調査プロジェクトに参画しました。ミャンマーおよびベトナムにおいて観測網の構築とデータ解析を実施し、都市部および郊外における大気質の時空間分布の把握に貢献しました。これらの国際協力活動では、単なる技術移転にとどまらず、現地の政策担当者、実務者、研究者と密接に連携しながら、地域の実情に即した支援を行うことを重視しています。たとえば、機器の輸送制限により現地調達を余儀なくされるケースや、文化的背景の違いによる意思決定プロセスの相違など、技術以外の課題にも柔軟に対応してきました。

### 【謝辞】

本研究に関わる多くの方々のご指導とご支援に、心より感謝申し上げます。まず、大阪公立大学名誉教授の坂東博先生、竹中規訓教授、定永靖宗教授には、研究の基礎から現地観測、国際学会への参加に至るまで、長年にわたり多大なるご指導を賜りました。沖縄や福江島での集中観測を通じて、現場での実践的な知見を深める貴重な機会をいただけたことに、深く感謝申し上げます。名古屋大学名誉教授の松見豊先生、長崎大学の中山智喜准教授、東北大学の青木周司教授、森本真司教授、ならびに東北大学名誉教授の中澤高清先生には、気候変動に関する知識が乏しかった私に対して、観測手法からデータ解析に至るまで、基礎から丁寧にご指導いただきました。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。すべての方のお名前を挙げられないことが心苦しいですが、研究や海外での観測を進めるにあたって、多くの行政機関の方々、海外の研究者や行政機関の方々にご協力と支援をいただきました。最後に、アジア大気汚染研究センター所長の大原利真様、前所長の坂本和彦様および畠山史郎様をはじめ、所属部長の佐藤啓市様、箕浦宏明様そして日々ともに研究に取り組んでいる活気あふれる同僚や後輩の皆様にも、心より感謝申し上げます。皆様の支えがあってこそ、研究成果を形にすることができました。今後も、大気環境の改善と持続可能な社会の実現に向けて、微力ながら貢献してまいりたいと存じます。引き続き、ご指導とご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願い申し上げます。

### 【参考文献】

- 1) Sadanaga, Y., A. Yuba, J. Kawakami, N. Takenaka, M. Yamamoto, and H. Bandow (2008), *Analytical Sciences. SCI*, **24**, 967–971.
- 2) Yuba A., Y. Sadanaga, A. Takami, S. Hatakeyama, N. Takenaka, and H. Bandow (2010), *Analytical Chemistry*, **82(21)** 8916-8921.
- 3) 増井 嘉彦, 弓場 彬江, 定永 靖宗, 高見 昭憲, 竹中 規訓, 坂東 博(2011), *大気環境学会誌*, **46**, 37-42
- 4) 重富 陽介, 弓場 彬江, 定永 靖宗, 高見 昭憲, 畠山 史郎, 加藤 俊吾, 梶井 克純, 竹中 規訓, 坂東 博 (2012), *大気環境学会誌*, **47(1)**, 45-50.
- 5) 弓場 彬江, 定永 靖宗, 高見 昭憲, 清水 厚, 松井 一郎, 杉本 伸夫, 畠山 史郎, 竹中 規訓, 坂東 博 (2012), *大気環境学会誌*, **47(1)**, 26-32.
- 6) Yuba, A., Y. Sadanaga, A. Takami, S. Hatakeyama, Y. Masui, T. Ohara, S. Yonemura, S. Kato, Y. Kajii, and H. Bandow (2014), *Atmospheric Environment*, **97**, 471-478.
- 7) Sadanaga, Y., T. Kobashi, A. Yuba, S. Kato, Y. Kajii, A. Takami, and H. Bandow (2015), *Asian Journal of Atmospheric Environment*, **9**, 237–246.
- 8) Li, P., K. Sato, H. Hasegawa, M. Huo, H. Minoura, Y. Inomata, N. Take, A. Yuba, M. Futami, T. Takahashi, and Y. Kotake (2018), *Aerosol and Air Quality Research*, **18**, 938–956.
- 9) Alimata, S., Y. Sakamoto, K. Murano, K. Sato, A. Yuba, M. Futami, O. A. Koita, I. Traore, and Y. Kajii (2022), *Atmosphere*, **13**, 1290.
- 10) 弓場 彬江, 箕浦 宏明 (2020), *大気環境学会誌*, **55(5)**, 221-229.
- 11) Yuba, A., M. Huo, K. Sato (2023), Global Atmosphere Watch (GAW) Aerosol Program. In: H. Akimoto and, H. Tanimoto (eds), *Handbook of Air Quality and Climate Change*, Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-2760-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2760-9_9)