

ニーオルスンにおける大気観測の歩みとその気候学的位置づけ

山内 恭¹

¹ 国立極地研究所および総合研究大学院大学名誉教授

Atmospheric science observations at Ny-Ålesund, and their climatic significance

Takashi Yamanouchi¹

¹ Professor Emeritus, National Institute of Polar Research and the Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

In 1991, NIPR's station was established at Ny-Ålesund, Svalbard under the cooperation with Norwegian Polar Institute, and numbers of atmospheric science observations were started. These included atmospheric minor constituents, precipitation and aerosols, stratospheric aerosols, aerosol-cloud-radiation and high altitude balloon for ozone. Then extended to air-sea CO₂ exchange observation in Greenland Sea and Barents Sea, and airborne observations around Svalbard and on trans Arctic flights (AAMP98, 02, ASTAR2000, 04, 07). In the recent, intensive cloud-aerosol-radiation observations were conducted including 95 GHz cloud profiling radar, under the GRENE Arctic Climate Change Research Project (2011-16). The importance of Ny-Ålesund observatory is discussed with climatic significance.

1991年、スバルバル・ニーオルスンに国立極地研究所の基地が開設され、大気の観測が始まった。その歩みを振り返り、スバルバルでの観測の気候学的意義を見ていこう。

前史：

ヨーロッパ北極の拠点であるスバルバルは、第一次大戦後のスバルバル条約により、ノルウェイの管轄地でありながら、自由に経済活動等を行える開かれた場所となった。ソ連（ロシア）やポーランドなどが独自の拠点を設けているのに加え、その立地条件を生かし、元炭坑街であったニーオルスンがノルウェイ極地研究所（NPI）によって国際観測村として開かれた。地球環境問題の高まりの中、冷戦の崩壊とともに活発になった北極研究にわが国も参加せんと、国際北極科学委員会（IASC）に加盟するとともに、NPIの呼びかけに呼応して国立極地研究所ではニーオルスンに Rabben 観測所を設けた（伊藤, 1995）。

ニーオルスン基地：

この基地は、氷河や陸上植生、海洋・海氷の調査の拠点となったほか、大気の基地観測が始められた（Yamanouchi et al., 1996）。大気微量成分観測（主担当、青木周司；Morimoto et al., 2006）、降水・エアロゾル観測（和田誠；Wada et al., 1996）、成層圏エアロゾル観測（岩坂泰信；岩坂, 2000; Shibata et al., 1997; Shiraishi et al., 2011）などが初期の観測項目で、追って、高層オゾン光学ゾンデ観測（岡野章一；Okano et al., 1996）、エアロゾル・放射・雲観測（塩原匡貴；Shiobara et al., 2003）などが続いた。これらの発展系として、グリーンランド海、バレンツ海で海洋表層での二酸化炭素交換の観測（Aoki et al., 1996; Nakaoka et al., 2006）、航空機による北極上空大気の観測が行われた。

航空機観測は、日本から北極海を横断してスバルバルに至る北極海横断航空機大気観測（AAMP98, Shiobara et al., 1999; Yamanouchi et al., 2003; Ishidoya et al., 2008; Morimoto et al., 2003）、ドイツアルフレッド・ウェーゲナー極地海洋研究所（AWI）と共同での北極エアロゾル放射総合観測（ASTAR2000, Yamanouchi et al., 2005; Hara et al., 2002, 2003; Thomas et al., 2003; Treffizen et al., 2005; ASTAR04, 07）として行われ、その後の IPY2007-2008 における PolarCat 観測などに繋がった。

さらに、2011年から始まった GRENE 北極気候変動研究プロジェクト（2011-16）の中で、雲やエアロゾル・ブラックカーボンの観測が行われた。雲の微物理（雲相や粒径、雲・氷水量）などを求めるべく、95 GHz FMCW 雲レーダーも新規設置され、連続観測が行われている。北極気候における雲の役割の重要性が認識され、さらに、ドイツ（AC³）や韓国グループも雲・気候研究を活発化させようとしている。

気候学的位置づけと今後の展望：

北緯 80° に近い高緯度にあること、狭義の北極海への水蒸気や熱の流入口になっていることが、スバルバル・ニーオルスンを北極研究の要たらしめている最大の点であろう（山内, 2001; Serreze et al., 1995）。季節海氷域の縁であり、大西洋水の流入、北極海氷や海洋表層淡水の出口に面していることも重要な点である。特に冬期は北極高緯度側と大西洋低緯度側で大きく気団の性質が異なり、どちらの気団に覆われるかで状況が大きく変わる。大気循環場次第で一低気圧と高気圧が西-東に並ぶ時は南風により大西洋側からの湿潤温暖な気団にさらされ雲量も多く、大きい大気放射を受け気温も高めとなり、逆に東-西に並ぶ時は北風により北極高緯度からの乾燥寒冷な気団にさらされ雲量少なく、気温は低く、放射冷却も大きくなる（Yamanouchi and Orbeak, 1995）。さらに、後者の気圧パターンの微妙な配置で、シベリア経由の空気が運ばれてくる状況では、強い汚染大気の影響下となる

(Yamanouchi et al., 2005)。こうして、1点での観測ながら、北極を代表する各種の気象条件を経験することができる貴重な場所である。

雲気候研究が進められることでも、micro, macro physics の観測から、大気循環場との関連、海氷分布との関連が調べられ、さらには放射影響、気候影響が、そして気候を明らかにすることにつながる事が期待されている。

References:

- Aoki, S., Morimoto, S., Ushio, S., Ito, H., Nakazawa, T., Yamanouchi, T., Ono, N. and Vinje, T. (1996): Carbon dioxide variations in the Greenland Sea. Proc. Int. Symp. Environmental Research in the Arctic, 19-21 July 1995, NIPR, Tokyo. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **51**, 299-306.
- 伊藤一 (1995) : ノルウェー、スπιッツベルゲン島、ニーオルスンにおける北極環境研究. どん出版会, 17p.
- 岩坂泰信 (2000) : 北極圏の大気科学 : エアロゾルの挙動と地球環境. 名古屋, 名古屋大学出版会, 229p.
- Hara, K., Osada, C., Nishita, S., Yamagata, T., Yamanouchi, A., Herber, K., Matsunaga, Y., Iwasaka, M., Nagatani, and H. Nakada. (2002): Vertical variations of sea-salt modification in the boundary layer of spring Arctic during the ASTAR 2000 campaign, *Tellus* **54B**, 361-376.
- Hara, K., S. Yamagata, T. Yamanouchi, K. Sato, A. Herber, Y. Iwasaka, M. Nagatani and H. Nakata (2003): Mixing states of individual aerosol particles in spring Arctic troposphere during ASTAR 2000 campaign. *J. Geophys. Res.*, **108** (D7), 4209, doi:10.1029/2002JD002513.
- Ishidoya, S., S. Morimoto, S. Sugawara, T. Watai, T. Machida, S. Aoki, T. Nakazawa, and T. Yamanouchi (2008), Gravitational separation suggested by O₂/N₂, δ¹⁵N of N₂, δ¹⁸O of O₂, Ar/N₂ observed in the lowermost part of the stratosphere at northern middle and high latitudes in the early spring of 2002, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L03812, doi:10.1029/2007GL031526.
- Morimoto, S., T. Watai, T. Machida, M. Wada and T. Yamanouchi (2003): In-situ measurement of the ozone concentration in the Arctic Airborne Measurement Program 2002 (AAMP 02). *Polar Meteorol. Glaciol.*, **17**, 81-93.
- Morimoto, S., S. Aoki, T. Nakazawa and T. Yamanouchi (2006): Temporal variations of the carbon isotopic ratio of atmospheric methane observed at Ny-Alesund, Svalbard from 1996 to 2004. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L01807, doi: 10.1029/2005GL024648.
- Nakaoka, S., S. Aoki, T. Nakazawa, G. Hashida, S. Morimoto, T. Yamanouchi and H. Y. Inoue (2006): Temporal and spacial variations of oceanic pCO₂ and air-sea CO₂ flux in the Greenland Sea and the Barents Sea. *Tellus*, **58B**, 148-161.
- Okano, S., M. Okabayashi and H. Gernandt (1996): Observations of ozone profiles in the upper stratosphere using a UV sensor on board a light-weight high-altitude balloon. *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **51**, 225-231.
- Serreze, M. C., R. G. Barry and J. E. Walsh (1995): Atmospheric water vapor characteristics at 70° N. *J. Climate*, **8**, 719-731.
- Shibata, T., Y. Iwasaka, M. Fujiwara, M. Hayashi, M. Nagatani, K. Shiraishi, H. Adachi, T. Sakai, K. Susumu and Y. Nakura (1997): Polar stratospheric clouds observed by lidar over Spitsbergen in the winter 1994/1995: liquid particles and vertical "sandwich" structure. *J. Geophys. Res.*, **102**, 10829-10840.
- Shiobara, M., Y. Fujii, S. Morimoto, Y. Asuma, S. Yamagata, S. Sugawara, Y. Inomata, M. Watanabe and T. Machida (1999): An over view and preliminary results from the Arctic airborne measurement program 1998 campaign. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **13**, 99-110.
- Shiobara, M., M. Yabuki and H. Kobayashi (2003): A polar cloud analysis based on Micro-pulse Lidar measurements at Ny-Ålesund, Svalbard and Syowa, Antarctica. *Phys. Chem. Earth*, **28**, 1205-1212.
- Shiraishi, K., M. Hayashi, M. Fujiwara, T. Shibata, M. Watanabe, Y. Iwasaka, R. Neuber and T. Yamanouchi (2011): Comparative analysis of measurements of stratospheric aerosol by lidar and aerosol sonde above Ny-Ålesund in the winter of 1995 [Comparative analysis of lidar and OPC observations]. *Polar Science*, **5**, 399-410.
- Thomason, L. W., A. B. Herber, K. Sato and T. Yamanouchi (2003): Arctic Study on Tropospheric Aerosol and Radiation: Comparison of tropospheric aerosol extinction profiles measured by airborne photometer and SAGE II. *Geophys. Res. Lett.*, **30** (6), 1328, doi: 10.1029/2002 GL016453.
- Treffeisen, R., A. Rinke, M. Fortmann, K. Dethloff, A. Herber and T. Yamanouchi (2005): An estimation on the radiative effects of Arctic aerosols using two different aerosol data sets: A case study for March 2000. *Atmospheric Environment*, **39** (5), 899-911.
- Wada, M., Konishi, H. and Yamanouchi, T. (1996): Variation of monthly precipitation and frequency of radar echo existence at some altitudes in Ny-Alesund, Svalbard, Arctic. Proc. Int. Symp. Environmental Research in the Arctic, 19-21 July 1995, NIPR, Tokyo. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **51**, 239-246.
- 山内恭 (2001) : 環北極気候比較におけるスバルバルの気候特性. 南極資料, **45**, 329-352.
- Yamanouchi, T. and Orbaek, J. B. (1995): Comparative study of the surface radiation budget at Ny-Ålesund, Svalbard and Syowa Station, Antarctica, 1987. Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol., **9**, 118-132.
- Yamanouchi, T., Aoki, S., Morimoto, S. and Wada, M. (1996): Report of atmospheric science observations at Ny-Ålesund, Svalbard. Proc. Int. Symp. Environmental Research in the Arctic, 19-21 July 1995, NIPR, Tokyo. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **51**, 153-163.
- Yamanouchi, T., M. Wada, M. Shiobara, S. Morimoto, Y. Asuma, S. Yamagata and others (2003): Preliminary report of the "Arctic Airborne Measurement Program 2002" (AAMP 02). *Polar Meteorol. Glaciol.*, **17**, 103-115.
- Yamanouchi, T., Treffeisen, R., Herber, A., Shiobara, M., Yamagata, S., Hara, K., Sato, K., Yabuki, M., Tomikawa, Y., Rinke, A., Neuber, R., Schumacher, R., Kriewis, M., Strom, J., Schrems, O. and Gernandt, H. (2005): Arctic Study of Tropospheric Aerosol and Radiation (ASTAR) 2000: Arctic haze case study. *Tellus* **57B**, 141-152.