

南極域成層圏における温室効果気体観測

森本真司¹、菅原敏²、石戸谷重之³、豊田栄⁴、本田秀之⁵、青木周司⁶、中澤高清⁶、和田誠¹、山内恭¹

¹ 国立極地研究所、² 宮城教育大学教育学部、³ 産業技術総合研究所、⁴ 東京工業大学総合理工学研究所、

⁵ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、⁶ 東北大学理学研究科

Greenhouse gas observation in the stratosphere over Antarctica.

S. Morimoto¹, S. Sugawara², S. Ishidoya³, S. Toyoda⁴, H. Honda⁵, S. Aoki⁶, T. Nakazawa⁶, M. Wada¹ and T. Yamanouchi¹

¹National Institute of Polar Research, ²Miyagi Univ. of Education, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Tokyo Institute of Technology, ⁵JAXA/ISAS, ⁶Tohoku University

To clarify temporal and spatial variations of greenhouse gases in the stratosphere over Antarctic region, a total number of three cryogenic whole air samples using liquid helium were launched from Syowa Station by using 30,000 m³ plastic balloons in 1998 and 2003-2004. The air samples collected by the cryogenic samplers at altitudes from 15 to 30 km above ground were analyzed for greenhouse gases' concentrations, their isotope ratios and atmospheric major components. Along with the balloon experiments, we have developed a compact cryogenic air sampler using a cooling device called the Joule-Thomson (J-T) mini cooler. In December-January 2007/2008, the compact cryogenic samplers weighing about 22 kg were launched from Syowa using 1,000 or 2,000 m³ plastic balloons and air samples were collected at altitudes of 18 and 25 km above ground. The decade-long stratospheric observations revealed vertical distributions of the greenhouse gases over Antarctica and their temporal variations. It was also found that the CO₂ concentration in the Antarctic stratosphere increased at a rate of 1.8 ppmv/yr.

南極域成層圏における温室効果気体の分布と変動を明らかにするために、1998年と2003-2004年の合計3度にわたって、南極・昭和基地において満膨張時容積30,000m³の大気球を用いた成層圏大気クライオサンプリング実験が行われた。これらの実験では液体ヘリウムを使用する大型サンプラーが使用され、高度15-30kmで11試料(1高度あたり10-20L_{STP})の大気採取に成功した。しかし、昭和基地現地での実験準備・放球作業に多大な労力が必要であったため、今後継続して多数回の成層圏大気採取実験を行うことは困難であった。我々は、これらの気球実験と平行して、液体ヘリウムを使用せず小型軽量で取り扱いの簡易な小型成層圏大気サンプラーの実現を目指し、高圧ネオンガスの断熱膨張時に発生する寒冷を利用して成層圏の低圧大気を固化採取するという、全く新しい原理のサンプラーの開発を開始した。小型サンプラーは、試料容器内部に組み込んだ冷却素子(JTミニクーラー)に液体窒素で予冷した高圧ネオンガスを導入してサンプラー内部を液体ネオン温度(27K)まで冷却することにより、ヘリウム・水素・ネオン以外の全ての気体成分を固化・液化採取することが可能である。2007年12月-2008年1月に新たに開発した小型サンプラー計4機を昭和基地に持ち込み、満膨張時容積1,000-2,000m³の小型プラスチック気球を用いた成層圏大気採取実験を実施した。放球した4機のうち2機が、それぞれ高度18km、25kmにおける大気採取に成功した。採取された大気試料は国内に持ち帰られ、東北大学及び東京工業大学において主要な温室効果気体であるCO₂、CH₄、N₂O、SF₆濃度、及びCO₂、CH₄、N₂O安定同位体比、大気主成分であるO₂/N₂比とO₂、N₂同位体比の高精度分析が行われた。2007/2008年に採取された大気試料の分析結果を過去3回の実験結果と比較することにより、1)南極成層圏でのCH₄とN₂O濃度の関係はほぼ直線であること、2)高度18km以上のCO₂濃度は1998年から2008年までの間にほぼ1.8ppmv/yrで増加していること、及びそれに対応するO₂濃度が減少していること、3)N₂とO₂の同位体比の関係から、南極上空の成層圏においても重力分離の効果が見られること、等が明らかになった。

References

- Aoki et al. (2003): Carbon Dioxide Variations in the Stratosphere Over Japan, Scandinavia and Antarctic., *Tellus* 55B 178-186.
- Ishidoya et al. (2008): Gravitational separation of major atmospheric components of nitrogen and oxygen in the stratosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L03811, doi:10.1029/2007GL030456.
- Morimoto et al. (2009): A new compact cryogenic air sampler and its application in stratospheric greenhouse gas observation at Syowa Station, Antarctica, *J. Atmos. Ocean. Tech.* 26, 2182-2191.
- Toyoda et al. (2004): Temporal and latitudinal distributions of stratospheric N₂O isotopomers. *J. Geophys. Res.* 109, D08308, doi:10.1029/2003JD004316.