

昭和基地におけるライダー観測と南極第 VIII 期重点研究観測:前半 3 年間を終えて

Lidar observations at Syowa Station, Antarctica, and the VIIIth term prioritized research project in Japanese

Antarctic Research Expedition (JARE): Summary of the first three years

中村 卓司(国立極地研究所)、阿保真(首都大学東京)、江尻省、津田卓雄、西山尚典(国立極地研究所)、鈴木秀彦(立教大理)、川原琢也(信州大学工)、堤雅基、富川喜弘(国立極地研)、佐藤薫(東京大学理)、水野亮、磯野靖子(名大太陽地球環境研)、日本南極地域観測第 VIII 期重点研究観測サブテーマ I メンバー Takuji Nakamura(National Institute of Polar Research), Makoto Abo(Tokyo Metropolitan Univ.), Mitsumu K. Ejiri, Takuo T. Tsuda, Takanori Nishiyama (National Institute of Polar Research), Hidehiko Suzuki (Rikkyo Univ.), Takuya D. Kawahara (Shinshu Univ.), Masaki Tsutsumi, Yoshihiro Tomikawa(National Institute of Polar Research), Kaoru Sato (Univ. of Tokyo), Akira Mizuno, Yasuko Isono (Nagoya University), Sub-theme I members of the VIIIth term JARE prioritized research project

Abstract

The National Institute of Polar Research (NIPR) is leading a six year prioritized project of the Antarctic research observations since 2010. One of the sub-project is entitled "the global environmental change revealed through the Antarctic middle and upper atmosphere." Profiling dynamical parameters such as temperature and wind, as well as minor constituents is the key component of observations in this project, together with a long term observations using existent various instruments in Syowa, the Antarctic (39E, 69S). Active remote sensings such as a large atmospheric radar (PANSY) and a lidar, as well as profiling of minor constituents by a millimeter wave spectrometer have been installed in Syowa, Antarctica. In this paper, we overview the first three year activities of this project, including Rayleigh-Raman lidar observation, PANSY, millimeter-wave radiometer, and other radio and optical measurements.

1. 概要

日本南極地域観測は、2010 年より 6 年間の第 VIII 期中期計画に入った。第 VIII 期の中層・超高層大気研究は、重点研究観測「南極域から探る地球温暖化」の中のサブテーマ I に位置付けられており、地球環境変動に敏感に反応し、対流圏の温暖化に対して中層超高層大気で寒冷化の進む極域、とくに観測情報の不足している南極域において、レーダーやライダーなどの高精度のプロファイリング観測で大気中の様々な変動のシグナルを捉えることで、南極域中層・超高層大気の種々の擾乱の応答を精査し、その長期変動の解明に貢献することを目指している。

具体的にはこれまでに継続観測してきたレーダー・光学観測機器と第 VII 期で開発してきた機器を用いた大気上下結合の観測研究に加え、大型大気レーダー(PANSY) 観測、高機能ライダー観測、ミリ波分光計などの測器を加えて、地表から超高層大気にいたる大気の変動をとらえる計画である。従来から稼働している MF レーダー、HF レーダー(SuperDARN)、OH 大気光回転温度計、全天大気光イメージャ等の装置を駆使して、他の南極域での観測や衛星観測などとも協調し、地表から超高層大気までの種々の大気変動と上下結合を明らかにする。

前半 3 年間ではとくに厳しい海水状況による輸送の問題や、未曾有の積雪による PANSY アンテナの計画変更などもある中で、順調なライダー観測や PANSY レーダーの良好なデータ取得、多数の協同観測測器のデータ解析による成果など着実に成果を挙げている。

2. ライダー観測

南極観測 VII 期(2006-2010)の重点プロジェクト研究期間中に開発したライダーは、VIII 期の基地での運用向けに整備されて 2011 年 1 月に昭和基地に設置、同年 2 月 4 日から観測を開始した (JARE52)。Nd:YAG レーザーの三倍高調波を用いた 355nm のライダーであり、受信望遠鏡には 82cm のナスミスカセグレン望遠鏡と 35cm のシュミットカセグレン望遠鏡を用いている。受信チャンネルは 4ch で、レイリー/ミー散乱用に感度を変えた 3ch と、386nm の窒素振動ラマン散乱に

1ch を配分している。現状では、成層圏から中間圏にいたる高度 15 km から 70 km 付近までの温度プロファイルと、極中間圏雲(PMC)、極成層圏雲(PSC)、それに対流圏の雲や境界層以上のエアロゾル層を捉えることができる。2-10 月の夜間晴天時に観測を行い、2011 年、2012 年の 2 シーズンで 236 晩 (~1900 時間) の温度プロファイルデータを取得し、本年も観測を継続中である。中層大気中で運動量や力学的エネルギーの鉛直輸送の主役である大気重力波について、その活動度を観測された温度の変動成分から抽出して季節依存性、高度分布、年々変動などを明らかにすると共に、他の基地(豪州 Davis 基地など)での観測結果と比較し、南極上空の大気重力波活動の経度差についても議論を進めている。さらに、地球温暖化の指標となる現象として注目されている極域中間圏雲(PMC)について、これまで昭和基地では夜光雲として写真撮影されたのみであったが、ライダー観測により PMC の定量的な観測が可能になった。ライダー観測と HF レーダー(SuperDARN)による極中間圏夏季エコー (PMSE)、MF レーダーによる風速などによる PMC 構造変化の解明にも着手し、改訂投稿中である。さらに、昼間観測用にインジェクションシーダとエタロンによる背景光の抑圧に取り組んでおり、これまでの現地実験ももとに、今年 11 月に出発する 55 次隊で夏季の PMC の観測をエタロンを導入して実施する。

第 VIII 期重点研究観測では、本ライダーを用いてより高高度の温度プロファイルと各種組成を計測するため、アレキサンドライトレーザーを追加して共鳴散乱ライダー化することを計画しており、これについては他の講演(江尻他、津田他)で紹介する。

3. PANSY レーダー観測

47MHz, 500kW の大型大気レーダーである南極昭和基地大型大気レーダー(PANSY レーダー)は、国際学術組織からの提言も受け、2009 年度に予算化された。2010 年度出発の第 52 次隊により建設が進められ、昭和基地で過去最悪の夏季気象条件にも拘わらず予定の作業を完遂し、年度末に初期観測に成功してプレス発表した。52 次の越冬中は、記録的な積雪によりアンテナの一部が雪に埋没したため、アンテナアレイをより高所に配置する再検討を行い、53 次夏作業期間に一部アンテナ移設およびレーダー整備を進めた。「しらせ」の接岸断念に伴い物資の半分以上が昭和基地未着に終わったが、限られた物資でシステム全体の 1/4 弱の規模の調整を完了し、2012 年 4 月末から研究観測(連続観測)を開始した。感度的には南極域で最大の大気レーダーとなっており、対流圏・成層圏の高度 20km までの精密観測を実施し、極夜期の極中間圏冬季エコー、夏季の極中間圏夏季エコー等も良好に観測しており、南極域では前例のない精密観測データが取得され、精密雲解像モデルなどと比較しながら詳細解析を進めており、初期成果を投稿中である。2 年連続の「しらせ」接岸断念も含め、過去 3 年間、昭和基地史上未曾有の悪条件が重なったが、現在は半数の送受信機が稼働可能な状態となっておりフルシステム稼働に向けて準備中である。

4. ミリ波分光計観測

名古屋大学・太陽地球環境研のミリ波分光計も VII 期で開発された機器の一つであり、太陽活動に伴う太陽陽子イベントや大規模な磁気嵐で高エネルギー粒子が大気中に降りこみ大気組成に影響を捉えることを目指している。熱的に励起された大気分子から放射される線スペクトルを分光し、分子の鉛直分布を導出する。VII 期に開発した 248GHz 帯の省電力型超伝導受信機を搭載した高感度ミリ波分光計を昭和基地内の光学観測棟に設置し、2011 年より観測を開始した。初年は衛星観測の報告のある NO₂ とオゾンの連続観測を行ったが、高エネルギー粒子の降りこみに伴う線スペクトル強度変化は見られず、特に NO₂ は年間を通して検出限界以下であった。2012 年 1 月の太陽陽子イベント発生時より、NO に対象を切り替えたところ、同イベントに関係するとみられる強度変化を検出し、以後現在まで NO とオゾンの観測を継続している。

2012 年は 189 日分の観測データを取得し、特に NO について詳細に解析した結果、(1)全期間を通して NO スペクトルはほぼ半値幅 0.5 MHz の単一ガウシアン関数でよくフィッティングでき、圧力幅の影響がみられない高度 70km 以上から放射されていること、(2)一年を通じて、極渦が顕著になる冬期に NO 強度が高く夏期に低くなるという年変化が見られること、(3)数日間の短期的な変動も見られ、太陽陽子イベントよりもむしろ高速太陽風が到来した後の大きな磁気嵐発生時に降りこむ放射線帯の相対論的電子のフラックスとよい対応があることなどを明らかにした。