

## 南極昭和基地大型大気レーダーの中間圏連続観測データによるPMWEの出現特性と高エネルギー粒子の影響

# 西山 尚典 [1]; 佐藤 薫 [2]; 佐藤 亨 [3]; 堤 雅基 [1]; 高麗 正史 [4]; 中村 卓司 [1]; 江尻 省 [1]; 津田 卓雄 [1]  
[1] 極地研; [2] 東大・理; [3] 京大・情報学・通信情報システム; [4] 東大・理・地球惑星

### Occurrence characteristics of polar mesosphere winter echo (PMWE) observed by PANSY radar and effects of solar energetic particles

# Takanori Nishiyama[1]; Kaoru Sato[2]; Toru Sato[3]; Masaki Tsutsumi[1]; Masashi Kohma[4]; Takuji Nakamura[1]; Mitsumu K. Ejiri[1]; Takuo Tsuda[1]

[1] NIPR; [2] Graduate School of Science, Univ. of Tokyo; [3] Communications and Computer Eng., Kyoto Univ.; [4] Earth and Planetary Science, Univ. of Tokyo

The physical properties of terrestrial atmosphere, such as temperature and composition, change drastically depending on altitudes. In addition, energy injections originated from the solar activity in a variety of temporal scales as CME and 11-year solar cycle are known to disturb terrestrial atmosphere strongly. Therefore, coupling process and energy budget in the middle and upper atmospheres, which have different physical properties, should be taken into account to fully understand the atmospheric environment and short- and long-termed variations. However, it is difficult to measure basic physical quantity of atmosphere (temperature, density, wind velocity and compositions) continuously as a function of the altitude from a few tens of km to about 100 km, in the middle and the upper atmosphere. Detailed investigations based on comprehensive observations for the middle and upper atmosphere are required to reveal the nature of plasma-neutral coupling process.

In the VIII-th six-year project of the Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) from 2010, the middle and upper atmosphere research is one of the sub-projects of the prioritized research project entitled 'Global warming revealed from the Antarctic', and comprehensive ground based observations with various remote sensing instruments for the middle and upper atmosphere have been operating continuously in Syowa station. We analyzed data obtained by PANSY (Program of the Antarctic Syowa MST/IS) radar, which is the core instrument of the project, focusing on Polar Mesosphere Winter Echo (PMWE) in the context of plasma-neutral coupling process between the middle and upper atmosphere.

In the lower thermosphere at the altitude of around 100 km, both neutral turbulence and ionization of atmosphere due to solar radiations cause irregularities of reflective index, and as a result back scatter echoes from that altitude are frequently observed by radars on the ground. In the mesosphere, Polar Mesosphere Summer Echo (PMSE) is reported to be a strong echo associated with ice particles, which are produced around the coldest mesopause region in the polar summer, by a number of past radar observations [Cho and Rottger, 1997; Rapp and Lubken, 2004]. It should be also noted that occurrence rate of PMSE is very high (80-90%) [Bremer et al., 2003].

On the other hand, PMWE is also known as back scatter echo from 55 to 85 km in the mesosphere, and it has been observed by MST and IS radar in polar region during winter [e.g., Ecklund and Balsley, 1981; Czechowsky et al., 1989; Lubken et al., 2006; Strelnikova and Rapp, 2013]. Due to the lack of free electrons and ice particles in the dark and warm mesosphere during winter, it is suggested that PMWE requires strong ionization of neutral atmosphere associated with precipitations of Solar Energetic Particles (SEPs) during geomagnetically disturbed periods [Kirkwood et al., 2002; Zeller et al., 2006]. However, the detailed generation process of PMWE has not been identified yet, probably because the reported PMWE occurrence rate was quite low (2.9%) [Zeller et al., 2006]. PANSY radar is a 47 MHz VHF radar with 125 kW (full system 500 kW) output power, and it is the largest MST radar composed 5,000 m<sup>2</sup> (full system 20,000 m<sup>2</sup>) antenna array in Antarctica at the moment. PANSY has already identified a number of PMWE since operation of mesosphere observation mode was started in June 2012. We would like to show occurrence characteristic of PMWE and its relation to SEPs during geomagnetically disturbed period in July 2012, when continuous PMWEs were observed on temporal scales of several days.

地球の大気は高度によって温度や組成等の物理的性質が大きく変わる。地表から高度 100km の大気は流体として振る舞い、一方で、高度 100km 以上の超高層大気と呼ばれる領域では、数密度が非常に希薄なために個々の大気粒子による運動や分子拡散が支配的な領域であり、高度とともに組成も著しく変化する。加えて、地球大気は様々な時間スケールの太陽活動 (CME, 11 年周期変動) を起源とするエネルギー注入に応じて激しく変動する場でもあり、地球大気環境とその短期-長期変動を理解するためには、物理的性質の異なる大気の上下間結合過程とエネルギー収支を考慮することが必須である。しかしながら、高度数 10-100km に及ぶ中層大気-超高層大気の様々な大気物理量 (温度, 数密度, 風速, 組成) とその変動に対する連続的な観測手段は非常に限定されており、特に中性大気と電離大気間の結合に関しては、観測的な取り組みが極めて重要となっている。

2010 年より始まった日本南極地域観測第 VIII 期 6 年計画では、重点研究観測「極域から探る地球温暖化」のサブテーマ I として南極域中層・超高層大気の包括的な観測実施が推進されている。本研究では、第 VIII 期 6 年計画の中核である南極昭和基地大型大気レーダー (PANSY レーダー) の観測データを用いて、中間圏での Polar Mesospheric Winter Echo (PMWE, 極域中間圏冬期エコー) と呼ばれる現象に着目し、中層大気と電離大気間の結合過程について研究を行っている。高度 100km 付近の熱圏下部では、大気乱流と日照による大気の電離が屈折率の揺らぎを生み、散乱エコーが地上の

大気レーダーで観測される．より低高度の中間圏におけるエコーとしては，夏期における中間圏界面の低温下で生成される氷粒子に関連した非常に強い散乱エコーである Polar Mesosphere Summer Echo (PMSE, 極域中間圏夏期エコー) が知られており [Cho and Rottger, 1997; Rapp and Lubken, 2004], エコーの出現率も 80-90% と非常に高い [Bremer et al., 2003]. 一方, PMWE は中間圏の高度 55-85km において冬期に観測されるエコーで [e.g., Ecklund and Balsley, 1981; Lubken et al., 2006], 冬期の極域中間圏は日照時間が短いのに加え, 夏期より気温が高く散乱体を形成する氷粒子も存在しない為, 太陽擾乱時の高エネルギーのプロトンや電子 (SEP, Solar Energetic Particles) の降込みによる中間圏の中性大気の電離の増加が重要とされている [Kirkwood et al., 2002; Zeller et al., 2006]. しかしながら, エコーの出現率が 2.9 % [Zeller et al., 2006] と非常に観測例が少ない為に, 未だ生成プロセスの特定には至っていない. PANSY レーダーは送信周波数 47 MHz, 現在のシステムで出力 125 kW (フルシステム 500 kW), アンテナ開口面積が 5,000 m<sup>2</sup> (フルシステム 20,000 m<sup>2</sup>) の大型大気レーダーである. 現行のシステムにおいても南極最大の大気レーダーであり, 2012 年 6 月に中間圏の本格観測を始めて以来, 既に多くの PMWE を観測している. これらの観測データに基づき, 未解明である PMWE の生成機構を解明することが目的である. 特に, SEP による中間圏へのエネルギー流入量と PMWE の特性 (発生高度, 継続時間, 日変化) との定量的な比較などを通じ, プラズマ-中性大気の相互作用における普遍的な特徴を見いだす. また, PANSY レーダーによる解析に加え, レイリー・ラマン (RR) ライダーや MF レーダー等の国立極地研究所が運用する多くの中層大気観測機器データを活用した統合的な解析を行う. RR ライダーを用いた観測から, 中間圏での鉛直大気温度構造の変動や大気安定度, 大気重力波活動によるエネルギー散逸率の導出が可能となる. また, MF レーダーを活用することで, 磁気擾乱時の中間圏の電離密度の相対的な変動を推定することが可能である [Hall et al., 2006]. このような超高層大気擾乱時及び PMWE 出現時の中層大気変動の素過程を観測的に捉えたうえで, プラズマ-中性大気の相互作用における中層大気の影響を定量的に評価する. 本発表では, 2012 年 7 月中の大きな磁気擾乱時に数日スケールで連続的に観測された PMWE の出現特性と SEP の対応関係について紹介する予定である.