

南半球極渦内の下降速度の年々変動について

Interannual variability of the vertical descent rate in the Antarctic polar vortex

河本 望 [1], 塩谷 雅人 [2]

Nozomi Kawamoto [1], Masato Shiotani [2]

[1] 京大・理・地球惑星, [2] 北大院・地球環境

[1] Dep. of Geophysics, Kyoto Univ, [2] Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido Univ.

人工衛星 UARS 搭載の測器 HALOE の観測したメタンデータを用いて、物質輸送の観点から南半球極渦内の下降速度の見積りをおこなった。秋と春のメタン分布の比較から、下部成層圏の冬季平均速度を 6 年間(1992-1997年)それぞれについて計算したところ、大きな年々変動が見られた (1.8-1.2 km/month)。

下降速度の大きな年には、真冬の上層成層圏における西風ジェットの下向き極向きシフトが早い時期におきている。波-平均流相互作用の結果、波動活動も早い時期に活発になり、それは冬の終わりまで持続されている。そのため下降速度の大きな年にはプラネタリー波の活動が活発なことがわかった。

近年の人工衛星観測より成層圏の各種大気微量成分分布がグローバルに知られるようになった。その中でも光化学的寿命の長いものはトレーサー(追跡因子)として、物質輸送の観点から成層圏循環の解析に利用できる。ここでは、そのような大気微量成分データを用いて、これまで直接観測が難しいことから計算により見積られてきた成層圏の鉛直運動、特に南半球極渦内の下降速度について調べることを目的としている。すでに Schoeberl et al. (1995) は人工衛星 UARS に搭載された測器 HALOE の観測した大気微量成分データの中でも光化学的寿命の長いもの(メタン, HF)を用いて、1992 年南半球冬季極渦内における下降速度を計算している。彼らは HALOE が秋と春に南緯 60 度より高緯度域の観測をおこなうことを利用して、その 2 期間の極渦内の微量成分分布の比較から下部成層圏で 1.8-1.5 km/month の冬季平均下降速度を得た。いっぽう秋から春にかけての季節内の様子については Randel et al. (1998) が同じく UARS に搭載された測器 CLAES のメタンデータを用いて、下降速度がほぼ一定であることを示している。CLAES の観測は約 1 年半で終了したが、HALOE は観測を続けていて、現在ではそのデータは 6 年分(1992-1997 年)の下降速度の見積りが可能な長さになった。そこで Schoeberl et al. (1995) と同じ解析方法を用いて、1993 年以降の 5 年間についても調べることにした。なお、この見積りはメタンプロファイルが大きな鉛直勾配を持つ領域で、かつ秋と春のプロファイルがほぼ平行な 0.3-0.9 ppmv の混合比でおこなった。メタン混合比 0.3 ppmv を持つ気塊は秋から春にかけておおよそ 40 から 30 km まで、いっぽう 0.9 ppmv では 30 から 20 km まで下降する。平均的には中・下部成層圏、約 30 km あたりの下降速度を調べることになる。

実際に計算から得られた値は 1.9-1.1 km/month で、0.6 ppmv (30 km あたり)の値をもとに熱力学の式から冷却率を計算すると -0.45- -0.65 K/day になり、これはこれまでに数値計算にもとづき報告された極渦内のそれにほぼ等しい (Rosenfield et al., 1994)。各年について見ると、上層で見積られた値のほうが下層の値よりも大きい。これは空気密度が上層ほど小さいことから説明される。また 6 年間の値の比較から、下降速度に大きな年々変動があることがわかった(0.6 ppmv で 1.8-1.2 km/month)。さらに下降速度は偶数年(1992, 1994, 1996)に大きく、奇数年(1993, 1995, 1997)に小さい。そこで次にこれらの結果をふまえ、UKMO 提供の力学場(温度、東西風等)のデータを用いてこの 6 年間の南半球成層圏循環の様子を調べた。

南半球の成層圏循環は、北半球とはまた異った特徴を持つことが知られている。南半球に特徴的な現象のひとつとして、真冬(7月頃)の上層成層圏における西風ジェットの下向き・極向きシフトがあげられ、さらにこのシフトのタイミングが年によって異なることが報告されている。同時に、温度風の関係から示唆されるように、極域の成層圏界面付近が真冬にかかわらず高温になっていることも知られている。1992-1997 年について調べたところ、下降速度の大きい偶数年にジェットのシフトが早くおきていた。また成層圏界面付近も速度の大きな年のほうが高温で、これは強い下降現象にともなう大きな断熱加熱が原因として考えられる。いったんジェットが高緯度に位置すると、プラネタリー波の伝播は高緯度側に向くようになる。その結果、波動活動は活発になり、またそれは冬の間持続されている。よってジェットのシフトの早い、下降速度の大きな年にプラネタリー波の活動は活発で、また冬季平均した波動の活動度(振幅等)と下降速度の相関が大変よいこともわかった。

このような真冬のジェットの位置を基準とした南半球成層圏循環の年々変動の研究はすでに Shiotani et al. (1993)によって報告されている。彼らは上部成層圏の 7 月のジェットの位置を基準に 80 年代の 10 年間の冬を分類し、その循環の特徴を示している。本研究で見えてきた下降速度の大きいおよび小さい年の循環は、彼らの示したジェットが高緯度および低緯度より位置する年の循環とよく対応している。いっぽう下降速度の大きな年には、赤道域の東西風の振動として知られる QBO の位相は東風となっていて、両者の対応関係はここで解析した 6 年間についてはよい。しかし、Shiotani et al. (1993) が解析をおこなった 1980 年代の分類におけるジェットの位置の変動の周期は約 10 年で、これは QBO の周期とは異っていることが指摘されている。