

成層圏における大気主要成分の重力分離

Gravitational separation of atmospheric major components in the stratosphere

石戸谷 重之 [1]; 菅原 敏 [2]; 森本 真司 [3]; 青木 周司 [4]; 中澤 高清 [5]

Shigeyuki Ishidoya[1]; Satoshi Sugawara[2]; Shinji Morimoto[3]; Shuji Aoki[4]; Takakiyo Nakazawa[5]

[1] 東北大・理・大気海洋センター; [2] 宮城教育大; [3] 極地研; [4] 東北大・理・大気海洋センター; [5] 東北大院・理・大気海洋

[1] CAOS, Tohoku University; [2] Miyagi Univ. Ed.; [3] National Institute of Polar Research; [4] CAOS, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.; [5] CAOS, Tohoku Univ.

近年、成層圏大気の O_2 濃度 (O_2/N_2)、 N_2 および O_2 の安定同位体比 (^{15}N of N_2 、 ^{18}O of O_2) の詳細な高度分布が観測され、高度の上昇に伴う値の減少が大気成分の重力分離によって引き起こされたことが強く示唆された (Ishidoya et al., 2006; 2008a, b)。成層圏の ^{15}N および ^{18}O が重力分離に支配されていることは、以下の2つの点で重要である。一つは、成層圏における大気成分の濃度と同位体の観測値に重畳している重力分離効果を差し引くことで、それらのより正確な変動を抽出することが可能になることである。Ishidoya et al. (2006) では、 ^{15}N と ^{18}O の観測値を用いて (O_2/N_2) に対する重力分離の寄与を補正することで、中部成層圏における (O_2/N_2) が対流圏と同様に経年的に減少していることを明らかにし、人為起源の化石燃料消費による O_2 消費の影響が成層圏に及んでいることを示した。

もう一つの重要性は、 ^{15}N および ^{18}O の高度プロファイルそのものが成層圏空気塊の輸送に関する情報をもたらす可能性である (Ishidoya et al. 2008a)。重力分離の程度を表す指標として導入した値 ($0.5 \times (^{15}N + 0.5 \times ^{18}O)$) は高度の上昇に伴って減少し、同一高度での値は極渦内で観測が行われた北極キルナ上空で最も低く、極渦崩壊後に観測した南極昭和基地上空の値は日本三陸上空と同等か、やや低い値を示した。成層圏での物質の輸送に要する時間を表す指標として、 CO_2 濃度の観測値を用いて個々の大気試料の対流圏大気に対する平均年代 (CO_2 age) を計算することができる。 CO_2 age は下部成層圏において高度の上昇に伴って増加し、キルナ上空で最も大きい値を示した。これらの特徴は値とは逆の傾向である。一方、高度 20-25km 以上の中部成層圏では、値は高度上昇に伴い減少を続けるが、 CO_2 age は高度によらずほぼ一定の値を示した。このことから、大気成分の重力分離が発達する時間スケールが成層圏における大気の鉛直輸送の時間スケールより十分に長いと仮定すると、 CO_2 age が同じである空気塊を比較した場合に、より小さい値を持つ空気塊は、重力分離が進んだより高い高度から輸送されてきたものと考えられる。従って、観測された値の緯度による違いは、重力分離が進んだ高高度からの空気塊の沈降による影響がキルナ上空で最も大きく、三陸上空で最も小さいことを反映していると考えられる。また値と ^{18}O 濃度との間には、 ^{18}O 濃度によって関係が異なる相関関係が見られ、それらの関係の変化を利用して成層圏を3つの領域に区分した。45ppb < N_2O < 125 ppb の領域では他の領域に比べて高度上昇に対する重力分離の変化が小さく、鉛直方向に空気塊の混合が起きている可能性が示唆された。