

メソモデルで再現された温帯低気圧と対流圏界面逆転層に関する解析 Analysis of an Extratropical Cyclone and Tropopause Inversion Layer using a Meso-scale Model

竹下 愛実^{1*}, 大塚 成徳¹, 余田成男¹

TAKESHITA, Megumi^{1*}, OTSUKA, Shigenori¹, YODEN, Shigeo¹

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto University

対流圏界面逆転層 (TIL) は、対流圏界面直上で全球的に見られる、厚さ約 2 km の持続的な温度逆転層である (Birner, 2002)。TIL は対流圏-成層圏の物質輸送や波の伝播に影響を与えるため、近年観測および理論研究が盛んに行われている。TIL の形成には、力学過程 (Wirth, 2003) および放射過程 (Randel et al., 2007) が寄与することが示されているが、どのような過程が支配的であるかはまだ明らかでない。また、理論的な先行研究のほとんどは理想化された数値モデルを用いており、水蒸気を含むメソモデルのような現実的なモデルによるシミュレーションはまだ行われていない。

本研究では、温帯の TIL の形成メカニズムを解明するため、先行研究よりも現実的で高解像度の 3 次元領域気象モデルを用いた事例解析を行った。使用したモデルは気象庁非静力学モデルである。水平解像度は 20 km、鉛直解像度は対流圏界面付近で 125 m であり、初期値・境界値には NCEP-FNL を用いた。現実的な総観規模擾乱と TIL の関係を調べるため、日本付近で急速に発達した低気圧を対象とした事例解析を行った。計算期間は 2009 年 2 月 19 日 12 UTC から 21 日 12 UTC までの 48 時間であり、低気圧は 36 時間目付近で最盛期を迎えた。

コントロールランにおいて再現された TIL は、観測研究によって記述されている TIL の特徴が確認でき、TIL の渦度依存性 (Birner et al., 2002) も再現されていた。すなわち、対流圏界面付近の局所的な相対渦度が負の領域で TIL が強く、正の領域で TIL が弱い。ただし、この依存性は低気圧の発達期・最盛期にのみ明瞭であった。また、その原因を明らかにするため、モデル領域内で強い TIL が比較的強い重力波発生領域に多く出現していることに着目し、重力波の解析を行った。その結果、重力波による強い収束領域において強い (TIL における浮力振動数の 2 乗の最大値 N^2_{max} が大きい) TIL の出現頻度が高かった。また、この傾向は正渦度領域よりも負渦度領域において強かった。さらに、この傾向が全計算期間 (48 時間) のうち低気圧の発達期・最盛期にのみ明瞭に見られること、および低気圧の発達に伴い西風ジェットの出出口や低気圧上空において重力波が盛んに放射されていたことから、総観規模擾乱に伴う重力波による鉛直収束が、TIL の強さと局所的な相対渦度の負の相関の形成に重要な役割を果たしていると考えられる。

なお、本研究では水蒸気の放射効果による TIL 形成への寄与を調べるために、対流圏界面付近の水蒸気を段階的に減らした感度実験も行った。感度実験は、300 hPa より上空の水蒸気を除いたラン (EXP300) と 500 hPa より上空の水蒸気を除いたラン (EXP500) であり、形成された TIL は EXP300, コントロールラン, EXP500 の順に強かった。EXP300 において TIL が強かったのは、対流圏界面の直下にあたる 300 hPa 付近で水蒸気が急激に減少したために、放射冷却を通じて静的安定度の鉛直プロファイルの勾配が大きくなったためと考えられる。また、水蒸気の放射効果による TIL への寄与は、低気圧の発達する時間スケールにおいては、力学過程に比べて小さいことを示した。

キーワード: 対流圏界面逆転層, 温帯低気圧, 重力波

Keywords: tropopause inversion layer, extratropical cyclone, gravity wave