

上層渦により発達する地表面低気圧の力学的および熱的過程 Dynamic and thermal processes of a surface low developed by a vortex aloft

瀬戸 息吹^{1*}, 伊賀 啓太¹
Ibuki Seto^{1*}, Keita Iga¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ AORI, The University of Tokyo

冬季に高緯度地域の海上ではスケールが約数百 km と比較的小さいポーラーローと呼ばれる低気圧が発達することがある。ポーラーローの主要な発達メカニズムにはいくつかの要因が考えられているが、その一つとして、上層の短波トラフがトリガーとなるものがある。本研究では、このタイプの発達過程に焦点をあて、上層の渦擾乱が下層の低気圧を発達させる際の力学的・熱的過程を、非静力学モデルによる理想化実験により調べる。

上層の渦擾乱によるポーラーローの理想化実験はこれまでも行われている。多くの場合では上層の擾乱に加えて下層にも擾乱が配置され、両者のカップリングにより低気圧が発達するというものであった。しかし、近年では上層の渦擾乱のみからでも下層に擾乱を励起し、ポーラーローが再現できることが確かめられ、環境場などの条件に対する感度実験も行われている。しかし、これまでの理想化実験では対流圏界面と上層渦の高さが 5000m ~ 6500m と現実よりも低く設定されることが多かった。また上層の渦が下層に擾乱を励起する過程としては、主に渦としての力学的な効果が調べられているが、上空に寒気が入ることにより成層が弱められ対流が起こる効果については理想化実験ではほとんど調べられていない。そこで本研究ではまず、東西一様で傾圧的な環境場において、これまでよりも高い位置に初期渦や対流圏界面をおく設定でも、ポーラーローが発達するか調べた。その結果、初期渦と対流圏界面の高度が 8000m でもコンマ型のポーラーローが再現された。ところがその発達の初期段階においては、先行研究で注目している渦の励起の機構はあまり働いておらず、成層が不安定化することによる対流的な擾乱の発達が起きていることがわかった。

発達初期のメカニズムを理解するために、上層渦や対流圏界面の高さに加えて、基本場の成層を変える実験を行った。その結果、発生するメカニズムは、上層渦や対流圏界面の高さと基本場の成層によりいくつかのパターンに分類できることがわかった。傾向としては、渦と圏界面の高さが低いほど、また基本場の成層が弱いほど、渦の励起によるメカニズムを通して擾乱が発生する。そうでない場合には対流による擾乱の発達が起きるが、圏界面が高く成層が強い場合には発達しないこともあった。渦の励起による擾乱の発生条件は Eady モデルでの不安定条件とよく似ており、関連が示唆された。Eady の不安定条件が満たされる時は渦の相互作用による励起が起こるが、その条件を満たさない時は対流的な発達によって地表面擾乱が発達することになる。

一方、対流型の発達が起きる際の対流の達する高度については、地表面における空気塊を持ち上げた時の温位の変化と基本場の温位とを比較することにより、成層が弱い場合には理想化実験とほぼ同様の高度まで対流が達することがわかった。ただし、成層が強い場合には実験から得られた結果とは食い違いが見られたが、その原因には、上層に渦があることによる温位偏差があることと、発達に時間がかかるため、海面からの熱フラックスで下層の空気の変質が起きていることが考えられる。

キーワード: ポーラーロー, 上層渦, 成層, 対流

Keywords: polar low, vortex aloft, stratification, convection