

エネルギー収支と渦位から見た Polar low の発達メカニズム

~ 2008 年 3 月 4 日 Polar low 事例解析 ~

嶋田宇大(北大環境科学院)・山崎孝治(北大地球環境科学研究院)

1 はじめに

2008 年 3 月 3~5 日に秋田沖で発生した Polar low は、発生からほぼ同じ位置に 2 日以上にわたり停滞し、成熟期には同心円状の形を示した。一般的に日本海で発生する Polar low はコンマ型のものが多く (Yarnal and Henderson 1989)、寿命も 1 日から 1 日半程度のもが多い (例えば、Ninomiya et al.1993, Ninomiya 1994, Fu et al. 2004, Tsuboki and Asai 2004 など)。そこでこの珍しい特徴を持つ Polar low について主にエネルギー収支と渦位の観点から解析を行い、長時間のライフサイクルにおける発達メカニズムを調べた。使用データは、気象庁 MSM 初期値データ (水平 0.125 × 0.1, 鉛直 16 層, 3hr 間隔) である。なお Polar low は一般的に地上風速 15m/s 以上と定義されている (Rasmussen and Turner 2003) が、ここでは発生から衰弱まで全てを通して Polar low と便宜的に呼ぶ。

2 Polar low の発達概要と解析手法

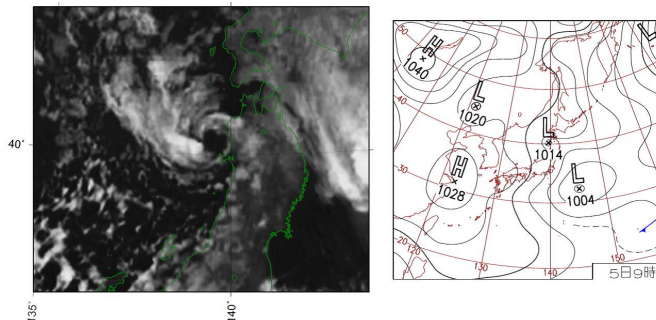


図 1 左図; 3/4 19UTC の赤外画像 (高知大学提供), 右図; 3/5 00UTC の地上天気図 (気象庁 HP より)

この Polar low は 2008 年 3 月 3 日 06UTC 頃、下層 (800hPa 以下) の狭い範囲の対流活動とともに発生し、次第にコンマ型を示す Polar low に発達していき、4 日 15UTC 前後に最盛期を向かえた。その後この Polar low は徐々に衰弱しながら同心円状の形に変化し、5 日 12UTC には上陸した東北地方で消滅した (図 1)。

図 2 の赤線域に XY 座標を定義し、この座標で Polar low のエネルギー収支解析を行った (エネルギー収支式は略)。図 3 は、XY 領域と 925-800hPa で平均した渦の運動エネルギー Ke 、海面気圧、地上最大風速、XY 領域と 925-800hPa で平均した渦度の時系列を示す。この Polar low にはおおまかに二つの発達ピークがあることがわかる。そこでこの Polar low のライフサイクルを以下のように定義し、それぞれの期間別に Polar low の様子を見ていく。

- 1, 初期渦期; 3 日 06UTC から 3 日 12UTC まで
- 2, 発達期 A; 3 日 15UTC から 3 日 21UTC まで
- 3, 維持期; 4 日 00UTC から 4 日 06UTC まで
- 4, 発達期 B; 4 日 09UTC から 4 日 15UTC まで
- 5, 成熟期; 4 日 18UTC から 5 日 03UTC まで
- 6, 衰弱期; 5 日 06UTC から 5 日 12UTC まで

擾乱の運動エネルギーの供給源を明らかにするため、渦の有効位置エネルギーの二つの生成項の値 (XY 領

域, 925-800hPa で平均) を時系列で示す (図 4)。一つは傾圧不安定な発達を示唆するもので、基本場からの変換項 (黄緑破線)、もう一つは台風などの発達に主に寄与する非断熱加熱項 (青線) である。また図 5 には XY 領域で平均した基本場の傾圧性の強さの時系列を示す。

3 解析結果

初期渦期; 800hPa に中心を持つ正の渦位が、対流不安定と Reverse shear (Kolstad 2006) な領域に移流してきたことをトリガーとして対流活動が活発になり、初期渦が生成した (図略)。図 4 によると、この時擾乱は非断熱加熱と傾圧不安定の両方がほぼ同程度に働いていたと見られる。これは、傾圧性が比較的大きかったことによる。

発達期 A; 800hPa の正の渦位と、600hPa から 700hPa 付近で下降しながら移流してきた正の渦位の両方が、下層の低気圧性循環を強めるように働くことで、初期渦が第一のピークを示す Polar low へと発達したと考えられる (図略)。図 4 によるとこの期間、擾乱は傾圧不安定な発達が 1 に対し、非断熱加熱の影響による発達が約 1.8 の割合になっていた。

維持期; 600hPa から 700hPa にある渦位は北東に移動し、対流活動によって生じた渦位と 800hPa 付近に停滞する正の渦位がこの期間の擾乱の回転を維持する役目を果たしていた (図略)。この期間、擾乱は傾圧不安定な発達が 1 に対し、非断熱加熱の影響による発達が約 2.9 の割合になっていた。

発達期 B; 図 6, 7 はこの時期の 600hPa 渦位と鉛直流の分布を示す。600hPa 付近まで達する下層の対流活動に伴う上昇流 (図 7 右図赤線域) の補償としての下降流 (図 6 右図の青域) の影響で、500 から 600hPa 付近で渦位が下降しながら移流してきたため (図 6, 7 左図の渦位分布参照)、下層の擾乱の渦度が再び急速に強められ、Polar low は最盛期を迎えた。この期間において、エネルギー供給の割合は、傾圧不安定な基本場からの変換が 1 に対し、非断熱加熱のよるものが約 3.7 とかなり大きくなっていった。

成熟期; この期間、Polar low の真上の上層 (600, 500hPa) には目立った正渦位は存在しておらず、擾乱の渦回転をもたらす渦位は対流活動によって生じた擾乱自身の渦位だったと考えられる。基本場の傾圧性の強さが弱まっていることを反映し、擾乱は主に非断熱加熱によってエネルギーを供給されていた。成熟期における傾圧不安定なエネルギー供給を 1 とすると、非断熱加熱による供給は約 3.1 で、維持期とほぼ同じ割合になっていた。この期間を通じて、擾乱の形は同心円状に変化した。

衰弱期; Polar low は上陸後、組織化されていた渦位や上昇流域などの形が次第に崩れ、擾乱としてまとまりがなくなり消滅した。

下層の総観場の風は、この Polar low が存在する期間を通して弱くなかった。したがって擾乱を動かす下層の背景風が弱いことが同じ位置に停滞することにつながったと考えられる。それとともに、長期にわたって擾乱として存在

することができたのは、上層の渦位が存在しなくとも自身の対流活動によって生じた渦位が回転を維持する役目を果たしていたからとも言えるだろう。これをエネルギー収支の観点から言うならば、初期渦の生成にはある程度強い傾圧性も役割を果たした一方で、傾圧性が弱まった後半の場でも Polar low が発達できたのは、対流活動による非断熱加熱が重要な役割を果たしたからと考えられる。

4 まとめ

2008年3月3~5日に秋田沖で発生した Polar low は、二回の発達期を含む約54時間のライフサイクルを示した。初期渦は、対流不安定と Reverse shear な領域に800hPa付近に見られる正の渦位が移流してきたことがトリガーとなって発生していた。二つの発達期にはいずれも上層(600から700hPaにかけて)に正の渦位が流れ込んできており、これが下層の擾乱を急速に発達させる役割を果たしたと考えられる。また、維持期や成熟期には、擾乱自身が作った対流活動に伴って生じた渦位が勢力の維持に効いていた。擾乱のエネルギー供給源は全体的に非断熱加熱が主に効いていて、特に傾圧性の強さが弱かった後半の発達期と成熟期には大きな役割を果たしたと考えられる。

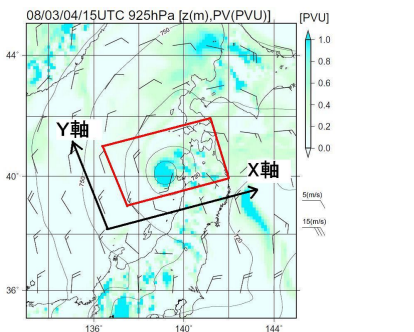


図2 925hPa 面渦位分布 (水色)。実線はジオポテンシャルハイト、赤線はエネルギー収支解析 XY 領域。

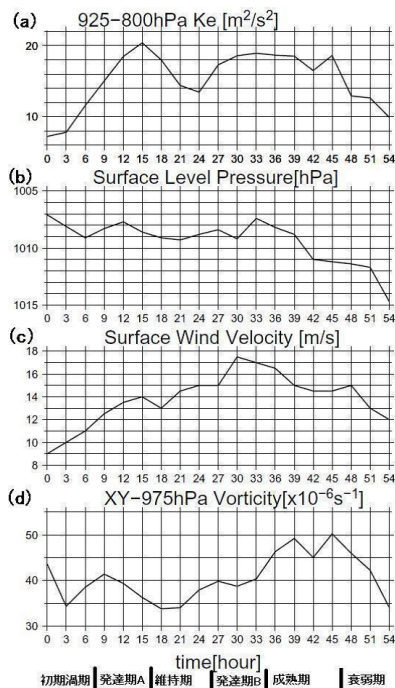


図3 a; XY 領域,925-800hPa 平均した渦の運動エネルギー Ke;b;海面気圧 c;地上最大風速 d;XY 領域,925-800hPa 平均した渦度。

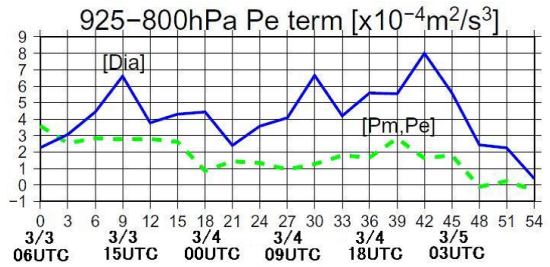


図4 XY 領域,925-800hPa 平均した渦の有効位置エネルギーの生成項。黄緑破線は基本場からの変換項、青線は非断熱加熱項。

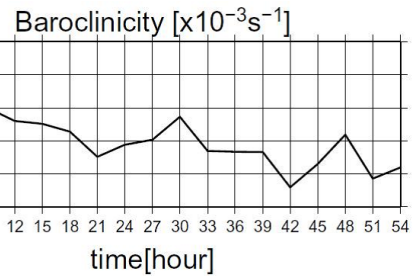


図5 XY 領域,925-800hPa 平均した基本場の傾圧性の強さの時系列。

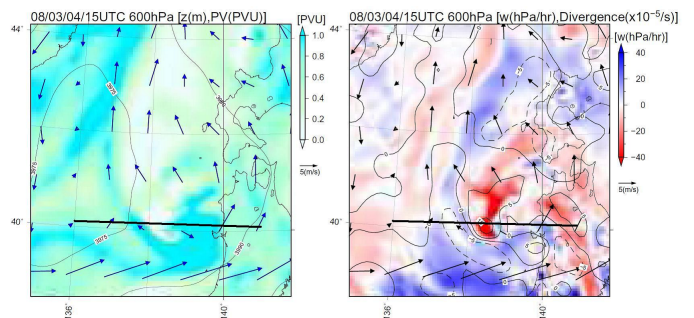


図6 左図;3月4日15UTCにおける925hPa面の渦位分布。黒線は図7の鉛直部を示す。右図;同時刻における925hPa面の鉛直流(hPa/hr)と収束(破線)・発散(実線)。

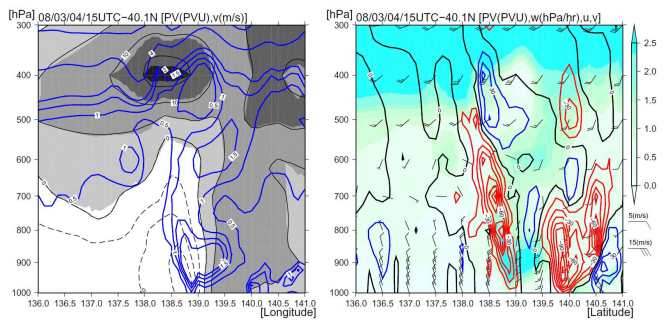


図7 図;3月4日15UTCにおける図6で示した黒線部の鉛直断面図。左図;渦位(青線)と南北流分布(陰影部が南風)右図;鉛直上昇流(赤),鉛直下降流(青),水平風(矢羽),渦位(水色)。

【参考文献】

- Fu et al. 2004 : *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 793-814.
- Kolstad 2006: *Tellus*, **58A**, 344-354.
- Ninomiya et al. 1993: *J. Meteor. Soc. Japan*, **71**, 73-91.
- Ninomiya 1994: *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 589-603.
- Rasmussen and Turner 2003 : *Polar lows*, 612pp.
- Tsuboki and Asai 2004: *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 597-621.
- Yarnal and Henderson 1989: *J. Climate*, **2**, 1476-1491.