

暖気核隔離の低気圧

北 島 尚 子*

「天気」編集委員会から当初相談を受けた原稿は、「台風もどき」であった。しかしこれは私の知る限りでは気象学の専門用語と認められているものではないので「天気」には適切ではなさそうだ。

「台風もどき」が最近話題になったのは、2012年4月2-3日に日本海で急発達した低気圧の際のようである。この低気圧は朝鮮半島から北東進する際に急発達し、中心気圧が3日21時（日本時）までの24時間に42 hPa 低下して日本海で964 hPa となり（気象庁天気図による）、日本の広い範囲に暴風をもたらした。このような特徴をとらえて主に非専門家の中で「台風もどき」と呼ばれたものと思われる。

ただし、この低気圧は単に「中心気圧が低く強風が吹いた」ことだけでなくそれを起こした構造にも台風に類似した特徴があったと考えられる。それは中心に暖気核を持っていたことで、このような温度構造だと温度風の関係により低気圧性循環は上層より下層の方が強くなる。加藤ほか（2012）は Hart（2003）の低気圧位相空間（北島 2011）においてこの低気圧が当初は温帯低気圧に特徴的な寒気核・非対称構造だったのが発達するにつれて暖気核構造に変化したことを示した。なお、ここでの寒気核構造とは、アメリカ気象学会の用語集（Huschke 1959；Glickman 2000）の“cold low”の項などに基づくもので、温度風の関係により上層ほど風が強いことを指し、上層切離低気圧である必要はない。この定義では、偏西風ジェット気流の近傍で発生・発達する温帯低気圧は基本的に寒気核構造ということになる。

温帯低気圧が暖気核を持って急発達する事例は、

1978年9月に大西洋で急発達したいわゆる QE-II storm のころ以降に特に着目されるようになった。Gyakum（1983）によるこの低気圧の解析は、陸上の気象官署や船舶の観測による従来型の観測に加え、商業航空路線による上部対流圏の風観測データも使用して、温度風の関係から、発達した前線性の低気圧が中心付近で層厚の大きい暖気核構造を持っていたことを示したものである。Gyakum はこの低気圧が衛星画像で眼のような構造がとらえられていたこと、また発達に潜熱加熱の寄与があったと考えられることで、傾圧帯で発生・発達した温帯低気圧ではあるが熱帯低気圧に類似していたことを強調した。

これと前後して、傾圧帯での前線性の低気圧に関する数値実験でも、従来のノルウェー学派の低気圧モデルと異なる変化がみられることの説明が求められていた。古典的閉塞としては温暖前線に寒冷前線が追いついて低気圧中心が下層寒気で覆われると説明されていたが、理想的な状態での数値シミュレーションではそれとはやや異なり、寒冷前線が低気圧中心から離れた位置で強化され、低気圧中心付近は周辺を寒気で取り囲まれるが相対的な暖気が残るような構造が指摘されていたものである（中村・高藪（1997）を参照）。

1980年代には北米周辺の大西洋やアラスカ沖で前線性の低気圧やポーラーロウを対象とした特別観測プロジェクトがいくつか実施された。Shapiro and Keyser（1990）はそれらのプロジェクトの観測事例いくつかを速報的に紹介し、前線性の低気圧として発達した後に最盛期に中心にメソスケール（数百 km）の暖気核を持つものが存在すること、その暖気核は対流圏下層に限定された背が低い（shallow）ものであること、暖気核はもとの暖域の空気よりは低温で、低気圧中心が寒気側へ進むにつれてさらなる寒気に取り囲まれて隔離（seclusion）されることによって相対

* Naoko KITABATAKE, 気象研究所,
nkitabata@mri-jma.go.jp

© 2013 日本気象学会

的な暖気核になることを示した。これらの特徴は、台風の暖気核が対流圏上層で気温偏差最大となる背の高いものである点や、台風の暖気核が熱帯気団内で潜熱解放によりさらに加熱されることで生成する点とは異なる。日本で「台風もどき」として話題になった2012年4月の低気圧の特徴もこれらと共通すると考えられるため、本稿のタイトルを「暖気核隔離の低気圧」としたものである。

傾圧帯の低気圧が下層の擾乱と上層の擾乱（トラフ）との相互作用で発達する（Hoskins *et al.* 1985）ことはよく知られており、観測された低気圧の急発達のシミュレーションを断熱で行ってもある程度の発達が再現されることがある（例えば Reed *et al.* 1994）ことから、このような低気圧の発達に関して上層擾乱の重要性がまず指摘される。上述の加藤ほか（2012）による日本海の低気圧のシミュレーションで水蒸気を含まない場合でも21 hPa/24時間の中心気圧低下が生じたことも、それと矛盾しない。このような点は台風とは異なる。一方、下層で強風が吹く構造は、低気圧中心で下層に高渦位空気が存在すると特に強められる。このような下層の高渦位は、台風と同様、潜熱解放に伴う加熱により中上層渦位の減少と下層渦位の増大という渦位の再配置によって生じる。ただしそれが傾圧帯で起こると、既存の擾乱の東側で暖湿空気が流入することにより下層高渦位が生成され続けることになる。このような高渦位擾乱は diabatic Rossby vortex（Moore and Montgomery 2004）と呼ばれ、それと上層擾乱との相互作用が傾圧帯の低気圧の発達に寄与することが考えられる。

ところで、温帯低気圧に関して暖気の隔離（seclusion）という言葉を使うことは以前からあり、アメリカ気象学会の用語集（Huschke 1959；Glickman 2000）では“seclusion”の項に「閉塞の特殊な事例。閉塞の過程で、低気圧中心から離れた位置で寒冷前線が温暖前線に追いついて、暖気が寒気に完全に取り囲まれる。」のような説明がある。これに対して Shapiro and Keyser（1990）ではノルウェー学派の古典的低気圧モデルとは異なる低気圧モデルとして暖気核隔離などの特徴を強調したモデルを提案したようにも見える。しかしこれらの低気圧モデルの差異は現在では暖気核隔離の有無より大規模場による前線の変形の差異として説明されることが多い（北島（2005）も参照）。例えば Shapiro *et al.*（1999）ではいくつかの研究を引用して、大規模流に順圧シアのない場

合（低気圧が上層ジェット近傍にある場合）は LC1（life cycle 1）として温暖前線と寒冷前線が直交する T ボーン形、低気圧性シアの場合（低気圧がポーラージェットの極側に位置する場合）は LC2 として閉塞点付近で暖域が狭くなるノルウェー学派の閉塞、高気圧性シアの場合（低気圧がポーラージェットの赤道側に位置する場合）は LC3 として閉塞しないと説明したうえで、LC2 の例として暖気核隔離の観測事例を示している。これらのことは、暖気核隔離が T ボーン構造の際に限って生じるわけではないことも示している。

暖気核隔離の低気圧の防災上の問題としては、暖気核に伴い地上の広範囲で強風が吹くことに加え、低気圧西側のいわゆるベントバック前線近傍で“sting jet”と呼ばれる強風の災害が指摘されている（例えば Browning 2004。sting はサソリの尾の毒針を指す）。これは低気圧西側からの乾燥空気の流入によってベントバック前線付近の降水が蒸発し空気が冷却されたことで生じる強風と考えられている。強風分布のこのような非対称性は「台風もどき」といっても典型的な台風とは大きく異なる。このような点にも注意が必要である。

参考文献

- Browning, K. A., 2004 : The sting at the end of the tail : Damaging winds associated with extratropical cyclones. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **130**, 375-399.
- Glickman, T. S. (Ed), 2000 : *Glossary of Meteorology*, 2nd Edition. Amer. Meteor. Soc., 855pp.
- Gyakum, J. R., 1983 : On the evolution of the QE II storm. I : Synoptic aspects. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1137-1155.
- Hart, R. E., 2003 : A cyclone phase space derived from thermal wind and thermal asymmetry. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 585-616.
- Hoskins, B. J., M. E. McIntyre and A. W. Robertson, 1985 : On the use and significance of isentropic potential vorticity maps. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **111**, 877-946.
- Huschke, R. E. (Ed), 1959 : *Glossary of Meteorology*. Amer. Meteor. Soc., 638pp.
- 加藤輝之, 北島尚子, 津口裕茂, 2012 : 2012年4月3日に日本海上で急発達した低気圧の発達要因と構造変化。日本気象学会2012年度秋季大会講演予稿集, A118.
- 北島尚子, 2005 : 2004年度秋季大会シンポジウム「極東域の温帯低気圧」の報告。1-2. 温帯低気圧と前線の構造

- と時間発展—概念モデルにおける表現—. 天気, 52, 742-750.
- 北畠尚子, 2011 : Cyclone Phase Space (低気圧位相空間). 天気, 58, 801-803.
- Moore, R. W. and M. T. Montgomery, 2004 : Reexamining the dynamics of short-scale, diabatic Rossby waves and their role in midlatitude moist cyclogenesis. *J. Atmos. Sci.*, 61, 754-768.
- 中村 尚, 高薮 出, 1997 : Shapiro の新しい前線・低気圧モデル. 天気, 44, 85-100.
- Reed, R. J., Y.-H. Kuo and S. Low-Nam, 2004 : An adiabatic simulation of the ERICA IOP 4 storm : An example of quasi-ideal frontal cyclone development. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 1688-2708.
- Shapiro, M. A. and D. Keyser, 1990 : Fronts, jet streams and the tropopause. *Extratropical Cyclones : The Eric Palmén Memorial Volume*, C. W. Newton and E. O. Holopainen, Eds., Amer. Meteor. Soc., 167-191. 邦訳は測候時報, 62 (1995), 151-187.
- Shapiro, M., H. Wernli, J.-W. Bao, J. Methven, X. Zou, J. Doyle, T. Holt, E. Donall-Grell and P. Neiman, 1999 : A planetary-scale to mesoscale perspective of the life cycles of extratropical cyclones : The bridge between theory and observations. *The Life Cycles of Extratropical Cyclones*, M. A. Shapiro and S. Grønås, Eds., Amer. Meteor. Soc., 139-186.
-