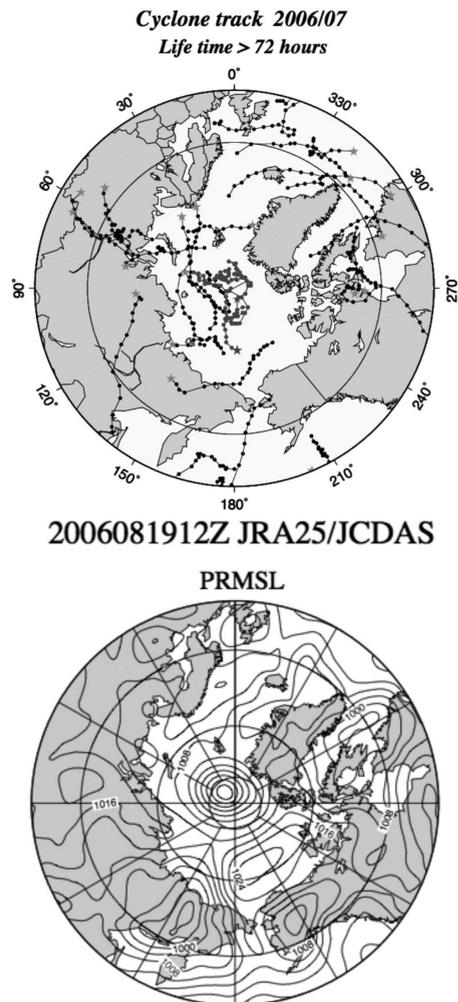


北極低気圧

田 中 博*

北極低気圧 (Arctic cyclone) とは、北極海上を長期にわたり迷走する地上の低気圧のことである。熱帯にある低気圧を熱帯低気圧、温帯にある低気圧を温帯低気圧と呼ぶように、北極海上にある低気圧は北極低気圧と呼ばれている (LeDrew 1984)。熱帯低気圧は熱帯気団の水蒸気の凝結熱により熱を下層から上層に運ぶ低気圧のことで、温帯低気圧は偏西風帯で傾圧不安定により熱を低緯度から高緯度に運ぶ低気圧のことである。これらと比較した北極低気圧の成因と維持について、様々な解析結果が得られている (Simmonds *et al.* 2008 ; Serreze and Barrett 2008)。一様な北極気団の中で低気圧性循環の渦を巻く北極低気圧は、温帯低気圧のような明瞭な前線を伴わず、むしろ熱帯低気圧の渦に近いスパイラル形状を持つことが多い。また、夏季に頻度が高く長期間持続することが多いが、冬季にも発生する (Zhang *et al.* 2004)。

第1図 (上) は2006年7月に北極海上に現れた地上低気圧の中心位置を追跡したものである。中緯度から北極海へ温帯低気圧が北上してくるケースも見られるが (Sepp and Jaagus 2011)、東シベリア海で7月末に発生し、28日間も迷走し続けた低気圧も見られる (Tanaka *et al.* 2012)。これが北極低気圧の例である。低気圧が最盛期を迎えた時の海面気圧分布 (第1図 (下)) を見ると、水平方向には1000 km 程度の広がりを持つことが分かる。相対渦度に注目すると、地上の正の渦度が鉛直方向に延びて250 hPa まで一様に存在することが確かめられる。第2図は低気圧中心から半径300 km の範囲で平均した相対渦度を、低気圧の移動に沿ってひと月間追跡したものである。7月末



第1図 (上) 2006年7月に北極圏で出現した低気圧の経路。起点の星印が発生位置を示す。中央の星印からの経路 (灰色) が北極低気圧の例で、7月28日に発生しひと月間迷走したもの。(下) 8月19日の海面気圧の分布 (4 hPa ごと)。北極点付近の低気圧が北極低気圧。

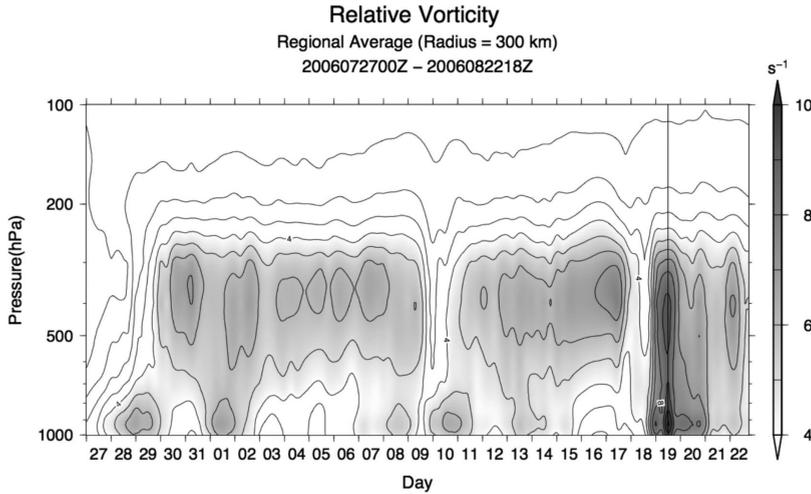
* Hiroshi L. TANAKA, 筑波大学計算科学研究センター. tanaka@ccs.tsukuba.ac.jp

に発生した低気圧性渦度が対流圏内で盛衰を繰り返しながらも約ひと月間持続している。第3図は同様にして低気圧中心から半径300 km の範囲で平均した温位のアノマリをひと月間追跡したものである。対流圏内

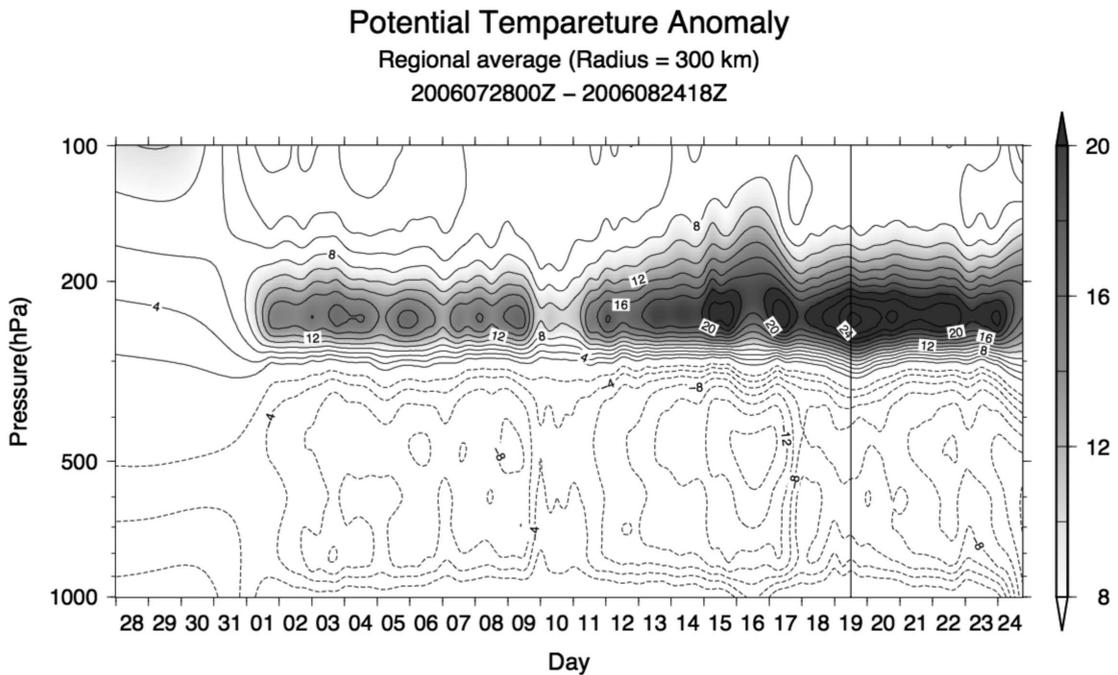
の低気圧は一貫して寒気核となっていて、250 hPa 付近を中心とした圏界面の上部に一貫した暖気核が見られる。湿度場には雲のスパイラル構造で湿った領域もあるが、低気圧中心は乾燥している (図省略)。また、

鉛直流を見ると対流圏内は上昇流であり、下部成層圏には一貫した下降流がある (図省略)。以上のような事例と同様の特徴が、北極低気圧には共通してみられ、温帯低気圧とは異なることが分かる (図は Tanaka *et al.* (2012) から引用)。

このように、北極低気圧は北極気団の中でスパイラル状の雲バンドを持つ渦で、見かけ上は熱帯低気圧に近いが、暖気核でなく寒気核となっていることから、両者は全く成因の異なる低気圧である。北極低気圧はポーラーロー (極低気



第2図 2006年7月末から8月にかけての北極低気圧中心から半径300 km 平均した相対渦度の鉛直時間断面。相対渦度は気圧 (p/p_s)^{1/2} × 10⁵ で正規化してある。最盛期は8月19日。



第3図 2006年7月末から8月にかけての北極低気圧中心から半径300 km 平均した温位のアノマリの鉛直時間断面 (2 K ごと、点線は負値)。対流圏は寒気核、下部成層圏は暖気核になっている。

圧)と混同されがちであるが、ポーラーローも暖気核を持つので、別の成因を考えなければならない。中緯度の温帯低気圧は亜熱帯気団と寒帯気団がもたらす温度傾度の中で発達する渦なので、寒冷前線と温暖前線を伴うが、北極低気圧は一樣な北極気団の中を長期間迷走する低気圧なので、温帯低気圧とも異なっている。また、温帯低気圧が発達しきって順圧構造になり、衰退期を迎えたアリュシャン低気圧のような状況では、低気圧の中心付近は暖気塊で覆われている。よって、温帯低気圧が衰退期に北極海に突入した場合も中心付近は暖気核となり、北極低気圧とは別ものとして考える必要がある。とはいえ、広義には北極海上で発達する低気圧のすべてを北極低気圧と呼ぶこともあるので、注意が必要である。

北極低気圧の構造で特徴的なのが下部成層圏の強い暖気核と対流圏の弱い寒気核(第3図)であり、静的安定度の変化で圏界面付近に正の渦位のアノマリが生じることで、低気圧性の渦が駆動される。上空の暖気核は一貫した下降流と整合的であり、極循環による極渦の形成機構と密接に関連している可能性がある。したがって、北極低気圧は上層の極渦と関連しており、北極海上でただ一つ形成され長期間迷走する特殊な低気圧であると言える。北極圏の極渦は時折分裂し、その寒気塊(寒冷渦)のひとつが中緯度に流れ出したのが切離低気圧であるが、北極低気圧は構造的には切離低気圧と近い。切離低気圧の正の渦度は上層に見られるが、その渦度が地上に達しているというのが北極低気圧の特徴である。さらに、この低気圧の維持においては下層のメソ低気圧との併合(Merging)が重要なプロセスになっている。北極気団の周辺には北極前線帯があり、その局所的な傾圧性により形成されるメソ低気圧が発生しては北極低気圧に併合されることで、下層に渦度が供給され、上層の極渦の渦度とカップリングすることが重要と考えられている。局所的な傾圧不安定によるメソ低気圧の構造は、観測船「みらい」を用いた現地観測からも計測されている(Inoue and Hori 2011)。

このように、北極低気圧は上層の極渦と繋がった地

上の低気圧で、北極圏にただ一つ存在するユニークな低気圧である。近年、北極圏の温暖化や北極海の海水の減少が注目されているが、その要因のひとつに、ポーフォート高気圧と北極低気圧が作るダイポール構造が駆動する北極横断流(Transpolar drift)の強化が挙げられる(Yang *et al.* 2004)。これはチャクチ海からグリーンランド海に向けて北極海を横断する海水の流れのことで、北極低気圧がポーフォート高気圧の対極で迷走するときに顕在化する。北極低気圧は、その構造の特徴から、温帯低気圧や熱帯低気圧と並んで教科書にも載ってほしい低気圧といえる。

参考文献

- Inoue, J. and M. E. Hori, 2011 : Arctic cyclogenesis at the marginal ice zone : A contributory mechanism for the temperature amplification? *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L12502, doi : 10.1029/2011GL047696.
- LeDrew, E. F., 1984 : The role of local heat sources in synoptic activity within the polar basin. *Atmosphere-Ocean*, **22**, 309-327.
- Sepp, M. and J. Jaagus, 2011 : Changes in the activity and tracks of Arctic cyclones. *Clim. Change*, **105**, 577-595.
- Serreze, M. C. and A. P. Barrett, 2008 : The summer cyclone maximum over the central Arctic Ocean. *J. Climate*, **21**, 1048-1065.
- Simmonds, I., C. Burke and K. Keay, 2008 : Arctic climate change as manifest in cyclone behavior. *J. Climate*, **21**, 5777-5796.
- Tanaka, H. L., A. Yamagami and S. Takahashi, 2012 : The structure and behavior of the arctic cyclone in summer analyzed by the JRA-25/JCDAS data. *Polar Sci.*, **6**, 55-69.
- Yang, J., J. Comiso, D. Walsh, R. Krishfield and S. Honjo, 2004 : Storm driven mixing and potential impact on the Arctic Ocean. *J. Geophys. Res.* **109**, C04008, doi : 10.1029/2001JC001248.
- Zhang, X., J. E. Walsh, J. Zhang, U. S. Bhatt and M. Ikeda, 2004 : Climatology and interannual variability of Arctic cyclone activity : 1948-2002. *J. Climate*, **17**, 2300-2317.