

極渦の変動とその気候への影響

山下陽介（国立環境研究所）

1. はじめに

冬季の成層圏には極域の低温と極周辺の強い西風で特徴付けられる極渦という低気圧が存在している。平均的な極渦は秋季から冬季にかけて強くなり、冬季から春季にかけて弱くなる時間変化をしている（図1 青太線）。対流圏では惑星スケールの波活動があり、対流圏から成層圏に伝播してきて極渦を不安定にすることにより、極域の気温が数日の間に数10度も上がる突然昇温現象を引き起こすことがある。それによって極渦が壊れ、極域が低気圧ではなく高気圧になることがある。こうした大規模な突然昇温現象（大昇温）は、2回の冬に1回くらいの割合で発生する。なお、WMOの定義では、北緯60度10 hPaの高度（30 km付近）で東風になる場合を大昇温としている。

成層圏の極渦を変化させる波活動は年によって大きく異なり、活発な年には突然昇温が複数回起こり、不活発な年には極成層圏雲（Polar Stratospheric Cloud: PSC）が発生するほどの低温が継続するといったように、活発な年と不活発な年で冬季を通じた極渦の時間変化が大きく異なる。

2. 極渦の年々変動

北極渦の強度を北緯60度、10 hPaの東西風で見ていく（図1）。陰影で示した年々変動の範囲は冬季に20~40 m/s程度で、特に真冬の1月頃に大きくなっており、年によって極渦強度が大きく異なることが分かる。年々変動

の範囲から外れたケースとして、例えば、2021/2022年冬季、2010/2011年冬季、2019/2020年冬季には平均よりも強い極渦が3月頃まで継続していた。一方、2008/2009年冬季、2018/2019年冬季、2020/2021年冬季には大昇温が発生し、1~2月頃に年々変動の範囲から大きく外れ東風となっている。

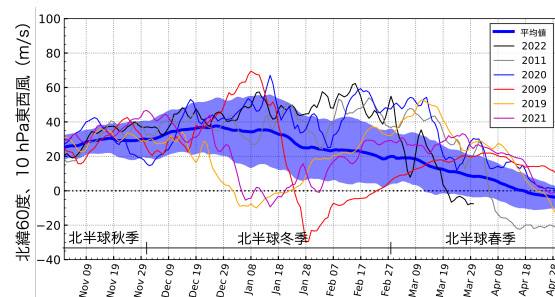


図1:北極渦強度に相当する北緯60度、10 hPaにおける東西風の時間変化 (m/s)。青太線は1979~2022年平均で、陰影は1σの年々変動の範囲を表す。黒線は2021/2022年、灰色線は2010/2011年、青線は2019/2020年、赤線は2008/2009年、橙線は2018/2019年、紫線は2020/2021年の値を表す。JRA-55客観解析で作成

3. 2021/2022 冬季の特徴

この冬に着目すると、冬季を通じて平均よりも強い極渦が継続し、2月には1σの範囲を超えた。3月に入ると、極渦強度が急速に低下し、3月21日には冬極の西風が夏極の東風へと変わる最終昇温に至った（図2）。それらに対応し、3月最初と3月中旬には成層圏に伝播する波活動の増加と北極成層圏における気温の急速な上昇が見られる。

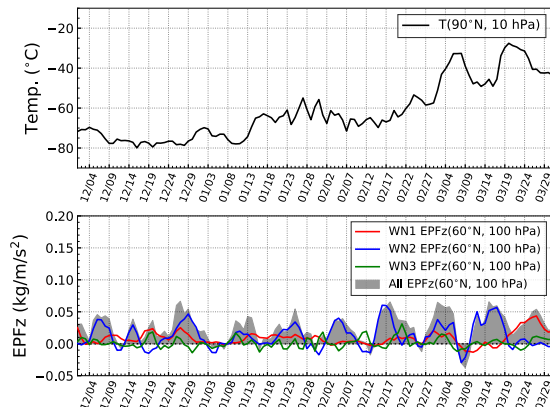


図2: JRA-55 で作成した 2021 年 12 月～2022 年 3 月の (上) 北極成層圏 10 hPa の気温 (°C) と (下) 北緯 60 度 100 hPa の惑星波活動 (上向き EP flux, kg/m/s²)

4. 北極オゾン大規模破壊

このように、成層圏の極渦は成層圏に伝播してくる波活動の影響を受けている。不活発な年には PSC の発生が継続し、2010/2011 年、2019/2020 年の春先のように大規模オゾン破壊が発生することもある。こうした波活動や平均的な極渦のひと冬の変化傾向は、それよりもゆっくりとした太陽活動の 11 年周期や、準 2 年周期振動 (quasi-biennial oscillation: QBO) の影響を受けていることが知られている。そこで、これら QBO と太陽活動の指標を用いて、春先の大規模オゾン破壊の予想を試みた。衛星観測のオゾンデータが存在している 1979 年から現在までを毎年調べていくと、2010/2011 年、2019/2020 年同様に QBO が西風相、太陽活動が極小期となる年には、ひと

参 考 文 献

Yamashita et al. (2021): Analysis of Arctic Spring Ozone Anomaly in the Phases of QBO and 11-Year Solar Cycle for 1979–2017, *Atmosphere*, **12**(5), 582, doi:10.3390/atmos12050582.

著者連絡先: 山下陽介, 〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2.

Tel: 029-850-2314; E-mail: yamashita.yosuke@nies.go.jp

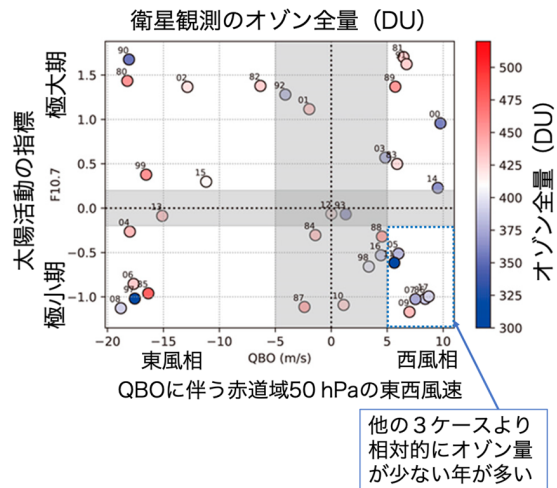


図3: QBO に伴う赤道域の高度 50 hPa の東西風速 (m/s) を横軸に、太陽活動の 11 年周期の指標を縦軸に取り、TOMS/OMI の衛星観測で得られた 3 月のオゾン全量を黒丸内の色で示した。QBO が西風相、太陽活動が極小期のケースでは、他の 3 ケースと比べて相対的にオゾン量が少ない年が多い。QBO が西風相または東風相の基準を満たし、太陽活動が極小期または極大期の基準を満たす場合を白、QBO か太陽活動のどちらかが基準を満たさない場合を灰色で表示。

冬を通して極渦が強く春先のオゾン量が少ない傾向にあることがわかった (図 3、Yamashita et al. [2021])。

5. まとめ

極渦の年々変動の特徴と、この冬の時間変化について述べた。また年々変動の要因について、ひと冬よりも長いスケールの QBO や太陽活動の指標を使い考察した。