

## コールドサージ

### 1. 言葉の意味と使われ方

一般に、アジア域におけるコールドサージは、北半球冬季にユーラシア大陸に発達する寒冷な高気圧を起源として突発的あるいは波状的に生じる急激な寒気移流を指す。日本では寒波と呼ばれることも多い。このような寒気の移流は中緯度域に留まらず、中国南部や南シナ海、さらには赤道インドネシアや南半球にまで達することがある。アジアモンスーンを扱う研究や教科書では、特にそのような低緯度域にまで侵入するもののみをコールドサージと呼ぶこともある。一方で、特に海を越えて低緯度域にまで侵入したサージは海との熱のやり取りを介して低温のシグナルを失っていることが多く、気圧サージと呼ばれることもある。

この寒気の吹き出しは大陸起源であるため乾いているが、途中で海を越えると水蒸気を含み、時として大雪や豪雨をもたらす。これらは一般にもなじみが深く、例えば、日本では大陸から吹き出した寒気が日本海を越え日本海沿岸部の各所に豪雪をもたらすことが良く知られている。

寒波あるいはコールドサージに関連した研究は古くから多くなされている。多くの研究ではその目的に応じて、1) 気温の急激な低下、2) 赤道向きの風の強化、3) 気圧の上昇、のいずれかまたは全部を用いてコールドサージを定義し、その振る舞いを調べている。しかし、コールドサージと呼ばれる現象にある決まった定義がある訳ではない。また、この呼び名が現象そのものをかなり素直に表現しているためか、あるいは専門用語というよりは一般名詞に近い使われ方をすることが多いためか、いわゆる気象の事典/辞典の類にこの言葉の解説はあまり見当たらない。従ってここにコールドサージに関する知見を改めてまとめておくことにも意義があろう。

本稿では主として冬季アジアモンスーンに伴うコールドサージについて述べる。ただし、得られた知見は他地域のコールドサージとも共通する事柄が多いの

で、それについては最後に簡単に触れる。

### 2. コールドサージの振る舞い

これまでの様々な研究では、コールドサージを大陸の高気圧からの単なる発散風の強化と捉えるのではなく、発生、伝播、消滅のライフサイクルを持つ現象として記述しているものが多い。以下では典型的なアジアモンスーンに伴うコールドサージの時間発展を見てみる。

まずコールドサージの発生に先立ち、チベット高原の北側でシベリア高気圧が強まる。強まった寒冷な高気圧は南東に向けて伸長または分離し、チベット高原の東側を回り込むように南へ伝播する。この結果、中国南部や南シナ海に強い北東風と気温の低下をもたらされる。この南シナ海への伝播経路が最も頻度が高く研究例も多いが、フィリピン海や日本海への伝播経路も報告されている。伝播した高気圧はその後、降水や降雪をもたらすことが多い。これらコールドサージの振る舞いについては Compo *et al.* (1999) により詳しくまとめられている。

### 3. コールドサージの力学

コールドサージの発達段階により関与する力学は異なる。まず、発生段階におけるシベリア高気圧の強化に関しては、上層の波動擾乱の関与が指摘されていた(例えば Joung and Hitchman 1982)が、Takaya and Nakamura (2005) は、対流圏上層のプロッキングと地表付近にもともと存在する寒気との相互作用が重要な力学メカニズムであることを示している。

その後、南東に伸長または分離した寒冷高気圧は、チベット高原の東縁を低緯度へ向けて伝播する。この伝播速度が背景の北風と同程度であることから、背景風による移流を主な伝播メカニズムと考える研究(Garraud 2001)もあるが、一方で波動の形での伝播と解釈すべきであることがいくつかの論文により示されている。例えば Compo *et al.* (1999) は、チベット高原東縁の傾斜による地形性 $\beta$ 効果に起因す

るロスビー波と考えれば、観測される伝播方向、スピード、空間スケールなどが説明できることを示している。

消滅段階では対流活動を伴うことが多く、海を越えて再び陸地に当たる場合には大量の降水をもたらす。例えば、ベトナムやフィリピンの東岸、日本海沿岸部などである。ここでは地形による持ち上げ効果が効くとともに、その他の擾乱の関与も重要であることを示唆する研究も多い。例えば中部ベトナムでは、東方から伝播する数日周期の偏東風波動とコールドサージに伴う流れが水蒸気収束を強化し、豪雨をもたらすことが示されている (Yokoi and Matsumoto 2008)。また、南シナ海の南部領域では、ボルネオ・ボルテックスと呼ばれる低気圧性の渦の形成・発達に関与し、対流・降水活動を活発化させることが知られている (Chang *et al.* 2005; Juneng *et al.* 2007)。一方、日本の豪雪に関しては、冬季モンスーンの強化に加えてそれに伴う爆弾低気圧の日本近海への集中化が重要との指摘がある (Yoshiike and Kawamura 2009)。

#### 4. コールドサージと他現象との関連

コールドサージは前述のように中緯度域で発生して低緯度域へ、時として赤道を越えて伝播する現象である。従って、中緯度・赤道間の相互作用や両半球間の相互作用の担い手として一つの重要な要素と考えられる。前者の例としては、南シナ海を通して赤道にまで達したコールドサージが海大陸域の対流を活発化させることにより、ローカル・ハドレー循環とウォーカー循環の強化を引き起こし、さらにそれが中緯度ジェットの変調に結びついていることが示されている (Chang and Lau 1980)。また、フィリピン海経由のサージが西風バーストに関与していることを示唆する研究 (Chu 1988) や MJO との関係を示す研究 (Chang *et al.* 2005) も行われている。コールドサージの頻度や強度は、冬期モンスーンの強度とも密接に結びついており、経年変動や長期変動も精力的に調べられている (Zhang *et al.* 1997; Sakai and Kawamura 2009)。

#### 5. 冬季・東南アジア域以外のコールドサージ

ここまでは冬季の東南アジアにおけるコールドサージについて述べた。他の地域に目を移すと、コールドサージは必ずしも冬だけの現象ではないことがわかる。南米のアンデス山脈東側 (例えば, Garreaud

and Wallace 1998) や北アフリカ (例えば, Vizu and Cook 2009) では冬季に限らず年中コールドサージが発生していることが報告されている。一方、北中米のロッキー山脈東側 (例えば Murakami and Ho 1981) では東南アジアのチベット・ヒマラヤ東側と同様に冬季に卓越する。グローバルな分布特性については, Garreaud (2001) により詳しく調べられている。

中緯度起源の擾乱により発生し、大規模山脈の東縁を回り込むように低緯度へ向けて伝播するという基本的な特徴は季節および地域によらず共通している。また、伝播の過程や伝播先でローカルな対流活動に影響を与えることも、多くの研究により指摘されている。

#### 参考文献

- Chang, C.-P. and K. M. W. Lau, 1980: Northeasterly cold surges and near-equatorial disturbances over the winter MONEX area during December 1974. Part II: Planetary-scale aspects. *Mon. Wea. Rev.*, **108**, 298-312.
- Chang, C.-P., P. A. Harr and H.-J. Chen, 2005: Synoptic disturbances over the equatorial South China Sea and western Maritime Continent during boreal winter. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 489-503.
- Chu, P. S., 1988: Extratropical forcing and the burst of equatorial westerlies in the Western Pacific: A synoptic study. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 549-564.
- Compo, G. P., G. N. Kiladis and P. J. Webster, 1999: The horizontal and vertical structure of east Asian winter monsoon pressure surges. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **125**, 29-54.
- Garreaud, R. D., 2001: Subtropical cold surges: Regional aspects and global distribution. *Int. J. Climatol.*, **21**, 1181-1197.
- Garreaud, R. D. and J. M. Wallace, 1998: Summertime incursions of midlatitude air into subtropical and tropical South America. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 2713-2733.
- Joung, C. H. and M. H. Hitchman, 1982: On the role of successive downstream development in East Asian polar air outbreaks. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1224-1237.
- Juneng, L., F. T. Tangang and C. J. C. Reason, 2007: Numerical case study of an extreme rainfall event during 9-11 December 2004 over the east coast of Peninsular Malaysia. *Meteor. Atmos. Phys.* **98**, 81-98.
- Murakami, T. and L. Y. C. Ho, 1981: Orographic influence of the Rocky Mountains on the winter circulation over the contiguous United States. Part II.

- Synoptic-scale (short-period) disturbances. *J. Meteor. Soc. Japan*, **59**, 683-708.
- Sakai, K. and R. Kawamura, 2009 : Remote response of the East Asian winter monsoon to tropical forcing related to El Nino-Southern Oscillation. *J. Geophys. Res.*, **114**, D06105, doi : 10.1029/2008JD010824.
- Takaya, K. and H. Nakamura, 2005 : Mechanisms of intraseasonal amplification of the cold Siberian high. *J. Atmos. Sci.*, **62**, 4423-4440.
- Vizy, E. K. and K. H. Cook, 2009 : A mechanism for African monsoon breaks : Mediterranean cold air surges. *J. Geophys. Res.*, **114**, D01104, doi : 10.1029/2008JD010654.
- Yokoi, S. and J. Matsumoto, 2008 : Collaborative effects of cold surge and tropical depression-type disturbance on heavy rainfall in central Vietnam. *Mon. Wea. Rev.*, **136**, 3275-3287.
- Yoshiike, S. and R. Kawamura, 2009 : Influence of wintertime large-scale circulation on the explosively developing cyclones over the western North Pacific and their downstream effects. *J. Geophys. Res.*, **114**, D13110, doi : 10.1029/2009JD011820.
- Zhang, Y., K. R. Sperber and J. S. Boyle, 1997 : Climatology and interannual variation of the East Asian winter monsoon : Results from the 1979-95 NCEP/NCAR reanalysis. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 2605-2619.

(海洋研究開発機構地球環境変動領域 荻野慎也)