

近年來國外寒潮研究之評介

謝信良 劉廣英

中央氣象局 空軍氣象中心

一、前言

寒潮是臺灣地區主要災變天氣之一，其影響程度雖不如颱風來的嚴重，然而在冬季由於寒潮所引起氣溫的突變，常使農漁作物蒙受慘重的損失。最近兩年，北美大陸連續遭受強烈寒潮的侵襲，使美國東部及中西部面臨能源危機，暴風雪造成交通中斷，生命財產的損失更是不計其數，故寒潮對人類危害之大可以想見。

近二十多年來，國外有關寒潮的文獻，如Asakura(1965,1968)，Suda(1957,1959)等對東亞寒潮爆發過程，引發寒潮的機構，以及寒潮期間大氣環流的演變與特性，西風波間之能量轉換等問題，均有深入的研究。又Palme'n與Newton(1951)，Petterssen(1956)，Dallavalle與Bosart(1975)等對侵襲北美洲之寒潮的結構，冷氣團的運動諸問題，亦先後有詳細的個案研究報告發表。本文因限於所能收集到有關寒潮方面之國外文獻不多，僅就上列諸文中所討論之課題，擇要介紹，以供有興趣人士參考。

二、寒潮的定義

寒潮是極地冷氣團大舉南侵時之顯著天氣現象，其所經之地的氣溫常在短時間內驟然下降，氣壓迅速上升，並伴隨有強烈的風變。在北美洲及歐亞大陸受寒潮影響的程度不盡相同，國際間對於寒潮尚無統一的定義。以美國為例，美國氣象局採用之標準(Visher 1954)也隨著地區以及季節而異。美國北部之標準為氣溫在24小時之內降低 20°F ，且冬季最低氣溫達 0°F 者稱之，在其他季節最低氣溫要降至 16°F ；在美國南部墨西哥灣沿岸地區，24小時內氣溫需降低 16°F ，同時冬季最低溫達 32°F 才算，其他季節最低氣溫必須達 36°F 。

三、寒潮爆發的過程與大氣環流的特性

寒潮是東亞地區冬季季風的主要特徵，然而寒潮之發生，並不局限於這一區域，在北美及中歐亦常同時可見，因此可謂是全球性的顯著天氣現象。此種季節性的特殊天氣變化常伴隨大規模的南北向熱量，質量及角動量的交換(Palmén與Newton 1951, Wada, 1964)。

Suda(1957, 1959)指出東亞寒潮的典型氣壓形態為“西高東低”。當寒潮爆發時，大陸高壓及阿留申低壓不但強度顯著增強，而且向較低緯度移動，位於日本北方上空有一明確的割離低壓對應於阿留申低壓；此時噴射氣流的平均位置南移且增強。在北極圈上空500毫巴距平圖上有正距平區出現，環極的西風氣流呈三波型，三個高壓脊分別位於大西洋東部，西伯利亞西部及太平洋東部，構成明顯的低指標型態。

Asakura(1968)利用北半球500毫巴合成圖，分析五次侵襲日本持續長達十五天以上的寒潮之環流特性，發現在大西洋東部英國附近高壓脊的建立與發展，扮演著很重要的角色。他將日本地區由暖冬轉變成冷冬的大氣環流演變過程分成為四個階段：

第一階段，極地渦旋隨伴之極冷氣團在極區收縮，西風波的波幅很小，中緯度緯流成行，此時日本呈現暖冬。

第二階段，為寒潮爆發的前十五天。最令人注目的變化是500毫巴圖上，英國附近的高度顯著上升，促使大西洋上空建立起一高壓脊，此高壓脊的發展構成有利於極地寒潮爆發入侵歐洲的環流形勢，但此階段東亞地區的西風帶仍維持高指標狀態。

第三階段，位於英國附近的正距平中心，隨著高壓脊的發展向西北退却。這個高壓脊於寒潮侵襲日本廿五天以前開始自地中海向西北進行，十日後移至英國，然後繼續朝西北移動；在距日本寒潮爆發前五日到達格陵蘭。此高壓脊的後退在西風帶中是一種阻塞現象，並與北美西岸高壓脊之發展有關。由於此兩高壓脊的增強，誘發極地冷空氣同時入侵北美及歐洲，

促使歐洲的低壓槽加深，此西風帶上游氣流型式的改變隨之傳向其下游，於是在中亞至西伯利亞北部另建立起一高壓脊，這種氣流型態有利於西伯利亞反氣旋的發展。大規模的南北交流亦在此階段發生。

第四階段，西風波的波幅繼續增大，南北向的氣流盛行，尤其是西伯利亞的高壓脊增強引發大規模的極地冷空氣侵襲日本。

四、西風波之能量轉換

Asakura (1965) 根據地轉風方程式計算北緯30度至70度間，相當於前節所述寒潮爆發各階段之緯流動能，他發現在初始的二個階段緯流動能最大，由第三階段開始動能逐漸減小；迄第四階段降至最低值，足見自第三階段起才有顯著的南北能量交換。

Asakura (1968) 利用波譜分析的方法分析高緯度的西風波指出，在寒潮爆發的第一階段，西風波中以二波最佔優勢，於第四階段則以一波及三波最為重要，此時二波反而衰退。Saltzman (1962) 認為此諸不同波數西風波之波幅的彼此消長是西風波之間交互作用的結果。Asakura (1968) 並由計算西風波之間能量交換所得數值發現，在寒潮爆發的過程中，二波是最大的能量來源。於平均天氣圖上二波槽經常出現於亞洲及北美大陸東岸，Charney 與 Eliassen (1949) 認為此二超長波是歸因於其上游大陸地形的動力作用造成的。二波是由緯流運動攝取能量，而後再將能量輸送給其他不同波數的西風波，換言之二波是緯流運動能量的消耗者。Kruegen 等 (1965) 認為緯流運動的能量是來自可用位能 (available potential energy)。

在寒潮的第一及第二階段，一至五波供應能量給其他之短波，第三階段，一波由其他的波吸收能量，至第四階段，一波與三波均自其他波吸收能量，惟只有二波仍然是能量的供應者 (Asakura, 1968)。

五、遠東地區大規模寒潮爆發的機構

Suda (1959) 指出，在大西洋若有高壓脊存在，而且向北伸展，則由西風波渦度守恒的秉性，在其下游的西伯利亞西部很容易建立起另外一高壓脊，並使亞洲大陸東岸的槽線加深；此時在西伯利亞高壓脊

線西側有暖空氣平流，將副熱帶的暖空氣向北輸送。當高壓脊很發展時，暖空氣可被運送到北極，使得極區的對流層普遍增溫，同時暖平流也將低緯度的反氣旋渦度運送往北極，加上流向極地西南氣流的輻合作用引起的下沉現象 (Defant, 1954)，促使北極區有動力反氣旋生成，並導致西伯利亞上空的氣流型態發生激烈的變化。

在500毫巴北半球冬季月平均圖上，西伯利亞東北部經常有一很深的低壓存在，此低壓本身是由陸地輻射冷卻所造成的均勻冷氣團，與鋒面系統並無直接關連。當西伯利亞西部的高壓脊向北伸展，極區有反氣旋生成，上述低壓的冷源被來自低緯度的暖空氣切斷，變為一冷心的割離低壓。在低壓的西側及西北側由於氣壓梯度的增加，導引對流圈中下層的冷氣團大舉向東南再向東流動，此時割離低壓變成一駛流中心。又向低緯度之冷空氣平流同時具有輸送氣旋型正渦度的性質，因之割離低壓受正渦度平流的影響而逐漸南移至日本北方鄂霍次克海附近。當南下的冷氣團與源自熱帶暖空氣遭遇時有極鋒生成，同時並促使噴射氣流增強和南移；發生於極鋒上之低壓，被割離低壓導引而移向東北，當它抵達日本東方海面時，因吸收潛熱以及力管的增加而迅速發展，最後併入割離低壓系統，並將其能量轉移給割離低壓，維持它的長期生命。

割離低壓一旦在鄂霍次克海附近形成，西伯利亞至中國大陸一帶即開始有冷氣平流出現，此冷平流將助長該區對流圈中下層之空氣迅速南下並急劇下沉，同時亦使相對渦度減小。由於上述熱力平流以及動力作用，在西伯利亞西部與鄂霍次克海割離低壓間之對流圈下層產生強烈的高氣壓。此高壓雖然是高空環流之動力作用所產生，但其下層却受冰雪覆蓋之廣大陸地的輻射冷卻而使強度增強，並保持寒冷的物理秉性。Waxler (1951), Ramage (1971) 對此種高壓的增強原因亦均有相同的看法。若此種高壓出現於蒙古至貝加爾湖一帶，同時發生於極鋒上的低壓移至日本或其東方海面迅速發展，則在遠東地區的地面將構成典型的“西高東低”之氣壓分布形態 (Suda, 1957)，隨即誘導大規模的寒潮爆發，使遠東地區變成嚴寒的冬型天氣。

六、極地氣團南移時之厚度變化與垂直運動

Palme'n 與 Newton (1951) 用等熵圖分析侵襲北美大陸的典型寒潮，發現朝赤道方向流動之極地冷空氣的軌跡，在冷舌的西側氣流呈反氣旋式彎曲，並且有顯著的沈降作用，冷舌東側則出現氣旋型的曲率，非但沒有下沉跡象，反而有上升的運動出現。他們並由分析鋒面的垂直結構得悉，在冷舌東南側之鋒面坡度比其西南側鋒面之坡度大兩倍。Petterssen (1956) 應用位置渦旋守恆的觀念，計算極地冷氣柱由北緯 60 度向南移至北緯 30 度時之厚度變化，獲得相似的結論。他指出，若一極地冷氣團被平流至低緯的地方仍能保持相當的厚度，則此氣團本身必然具有強的氣旋型渦度，反之如果氣團含有反氣旋渦度，它的厚度必定很淺。

Palme'n 與 Newton (1951) 曾強調，垂直運動在大規模及小範圍的大氣擾動，扮演極端重要的角色。他們用質量連續原理計算 1950 年 4 月 3 日至 7 日侵襲美國之寒潮，在北緯 45 度以南整個冷氣區內不同氣壓層之平均垂直速度，發現平均最大的下降氣流是出現在 600 毫巴的高度，其下降速度約每日 2 公里。Dallavalle 與 Bosark (1975)，以合成法研究 1969 至 1971 年冬季六個發生於北美的寒潮，得悉在對流圈下層，最大下沉現象是發生於地面高壓的東側，有顯著冷平流的區域，其下降速度為 $3\sim 6\mu\text{b/s}$ ，而在高壓中心上空之下降速度很小，很少超過 1 或 $2\mu\text{b/s}$ ，此結果與 Palme'n 等 (1951) 所求得之數值頗相近。

七、結語

綜合以上各節所述，吾人對寒潮的發生機構，演變過程以及冷空氣的運動等，可以有一較明確的概念，基於對此諸問題的了解，相信對寒潮的預報作業必有所助益。

參 考 文 獻

- Asakura, T., 1965: Synoptic climatological process of a large-scale cold air outbreak in Japan (in Japanese). Note, Jap. Met. Agency 9-24.
- , 1968: Dynamic climatology of atmospheric circulation over East Asia centered in Japan. Pap, Met, Geophys., 19, 1-121.
- Charney, J. G. and A. Eliassen, 1949: A numerical method for predicting the perturbation of the middle latitude westerlies. *Tellus*, 1, 38-54.
- Dallavalle, J. P. and L. F. Bosart, 1975: A synoptic investigation of anticyclogenesis accompanying North American polar air outbreak. *Mon. Wea. Rev.*, 103, 941-957.
- Defant, F., 1954: Über den Mechanismus der unperiodischen Schwankungen der allgemeinen Zirkulation der Nordhalbkugel. *Arch. für Meteor. Geophys. und Biokl.*, Bd. 6.
- Krueger, A. F. and J. S. Winston, 1965: Computation of atmospheric energy and its transformation for the northern hemisphere for a recent five-year period. *Mon. Wea. Rev.*, 93, 227-238.
- Palmén, E. and C. W. Newton, 1951: On the three-dimensional motions in an outbreak of polar air. *J. Meteor.*, 8, 25-39.
- Palmén, E. and C. W. Newton, 1969: Atmospheric circulation systems. Their structure and physical interpretation. New York, Academic Press, 289-306.
- Petterssen, S., 1956: Weather analysis and forecasting, 2nd ed., Vol. 1, Chapter, 12. McGraw-Hill, New York.
- Ramage, C. S., 1971: Monsoon meteorology. New York, Academic Press, 27-33.
- Saltzman, B., 1962: Spectral statistics of the wind at 500 mb. *J. Atmos. Sci.*, 19, 195-206.
- Suda, K., 1957: The mean pressure field characteristic to persistent cold waves in the Far East. 75th Anniversary Vol. *J. Meteor. Soc. Japan*, 192-198.
- , 1959: A study on the dynamic climatology, of cold outbreaks in the Far East. *Geophys. Mag.*, 29, 413-461.
- Visher, S. S., 1954: climate atlas of the United States. Harvard University Press, Cambridge, 151.
- Wada, H., 1964: Some aspects of the general circulation of the atmosphere in winter and summer. *Geophys. Mag., Japan*, 32, 77-106.
- Wexler, H., 1951: Anticyclones. In *Compendium of Meteorology*, R. F. Malone, Ed. Boston, Amer. Meteor. Soc., 621-628.