

2004年冬季台灣寒潮個案的診斷分析：阻塞高壓的影響

洪志誠¹ 賈新興²

台北市立教育大學自然科學教育系¹ 中央氣象局²

摘要

研究顯示，台灣地區 2004 年冬季發生的 4 次寒潮，皆出現在西伯利亞阻塞高壓消散階段。阻塞期間，冷氣團因為阻塞環流的影響停滯在高壓兩側，在阻塞消散時，囤積的冷氣團快速往南移動，導致台灣寒潮現象。

透過等熵面的位渦分析發現，青康藏高原對冷氣團的移動有顯著的影響，冷氣團因地形效應被迫沿著山脈邊緣運動，移動到高原東側時，地形阻擋作用消失，在氣壓梯度力的作用下，冷氣團才迅速南移。資料亦顯示，西伯利亞阻塞高壓與台灣地區寒潮有 15 至 16 天的周期，而此周期則與緩慢西行的行星波有關。

關鍵詞：寒潮、阻塞高壓、地形效應、行星波

一、前言：

2004 年冬季對台灣天氣而言是異常特別的一年，整個冬季出現 4 次強勁的寒潮，一波波的寒潮一直延續到隔年 3 月初，打破台灣近十年 3 月不會發生寒潮的記錄。從大尺度環流的變化可發現，2004 冬季(DJF)亞洲地區噴流位置偏南且強度減弱，緯流指標出現相對低值。在此大環境下，貝加爾湖一帶的阻塞高壓出現頻繁，受到阻塞高壓的影響，東亞主槽偏強，中緯度天氣系統東移速度減慢，溫帶氣旋多停滯在日本附近，2004 年亞洲冬季的氣候異常與西伯利亞一帶的阻塞高壓有密切的關聯。

阻塞系統建立時，不僅阻擋天氣系統正常東進，也造成噴流分裂成兩支，地面低壓與鋒面系統繞道而行，導致局部地區的天氣異常(Rex, 1950 a, b; Namias, 1978; Illari, 1984)。雖然統計上，北太平洋與北大西洋是阻塞出現頻率最高的地區(Rex, 1950 a)，然而影響東亞冬季天氣最直接，最顯著的阻塞高壓，通常發生在歐亞大陸及西伯利亞一帶。一般而言，阻塞高壓的兩側，均伴有冷低壓或冷槽，高空阻塞高壓一旦與地面冷高壓重疊，常使下方之冷高壓加強，增強東北季風，但發源於西伯利亞的阻塞高壓通常移至東經 80 度以東時，對台灣天氣才有較明顯的影響(俞，1975)。徐(1969)早期的研究也提到當西伯利亞一帶在 1、2 月發生阻塞高壓時，台北的氣溫通常偏低，但是若阻塞高壓發生在 11、12 月，台北的氣溫反而偏高。

然而，對 2004 年的冬季而言，台灣的寒潮皆發生在西伯利亞阻塞高壓形成之後，兩者有時間延遲發生的現象。此外，阻塞高壓發生的地點從北太平洋緩慢西移，與行星波的移動似乎有關。本研究主要探討西伯利亞的阻塞高壓與台灣寒潮之間的關係

，並了解阻塞高壓與行星波的關聯。

二、資料與研究方法：

本研究使用 NOAA 展期重建海溫資料(Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, 簡稱 ERSST)，地面降水採用 NCEP CAMS_OPI 降水資料，溫度採用 NCEP CAMS 地面溫度資料，此兩組資料是由 IRI 氣候資料庫得到。標準氣壓層的高度場、風場等資料則取自 NCEP 重分析的月平均資料(Kalnay et al., 1996)。

研究中的寒潮個案，根據中央氣象局的定義：若冷鋒過境後，因大陸冷氣團南下帶來冷空氣，使台北的最低溫連續兩天下降達 4℃或以上者，且氣溫降至 14℃或以下者，稱之為寒潮。按此定義，2004 年冬季台灣地區總共出現四次寒潮，時間分別為 2004 年 12/29~2005 年 1/2；2005 年 1/14~1/17；2005 年 2/1~2/3 以及 2/19~2/21。為了方便討論以下討論分別以寒潮個案 1、個案 2、個案 3 和個案 4 表示。發生在 2005 年 3/2~3/5 的強勁寒潮因為發生時間不在研究範圍，因此本研究不討論。

阻塞高壓的定義，目前尚無統一標準。從天氣圖顯示，2004 冬季出現在歐亞大陸的阻塞高壓類似 Ω type，南邊的低壓並不明顯，因此，本研究對阻塞的定義，主要參考 Lejanas & Okland(1983)，但只考慮阻塞高壓地區 500hPa 高度場的氣候異常值。在此，阻塞定義為：貝加爾湖及西伯利亞地區 (60N-70N, 60E-110E)，500hPa 高度異常平均值大於 100 公尺，持續 5 天以上定義為阻塞。根據阻塞定義，2004 年冬季西伯利亞及貝加爾湖附近的阻塞共出現四次，時間分別為 2004 年 12/18~1/29；2005 年 1/5~1/10；2005 年 1/21~2/6 以及 2/13~2/17。同樣的，為了方便討論以下的討論以阻塞個案 1、個案

2、個案3和個案4代表上述阻塞個案。

三、結果分析：

(一)2004 冬季綜觀天氣分析

圖 1.a 是 2004 年冬季(DJF)北半球 500mb 高度場，圖中陰影為高度異常。圖中顯示，沿著北緯 60 度，北大西洋、北太平洋以及西伯利亞貝加爾湖附近皆出現明顯的高度正距平，而其南邊地區則為高度負距平，高度場的空間結構顯示這些地區高壓活動頻繁。由於高壓環流的影響，中緯度噴流明顯減弱，噴流軸往低緯偏移(圖 1.b)。對照地面氣溫(圖 1.c)，高壓所在氣溫偏高，而南邊地區的氣溫則偏低，其高度場與溫度場的結構與阻塞高壓的特徵是一致的。在降水方面，上述高壓地區降水偏少，但高壓兩側則偏多(圖 1.d)。從天氣圖可以發現東亞一帶的溫帶氣旋因為阻塞流的影響，滯留在東亞主槽附近，導致日本，韓國一帶整個冬季降水偏多。

(二)寒潮個案分析

圖 2 是四個寒潮個案發生期間，500mb 高度場與 850mb 溫度異常(陰影)圖。從高度場的分布可發現，寒潮發生時東亞主槽有加強的現象。在溫度方面，除了個案 2，其餘個案都可以發現冷氣團自貝加爾湖地區往南延伸，在接近青康藏高原時，則沿著高原的邊緣往南移動。為了進一步了解寒潮發生期間冷氣團的移動，下面我們進行等熵面的位渦分析。由於冷氣團的垂直結構不是很深厚，南移到台灣通常垂直厚度通常只有 1 公里左右，經過計算位溫約 300K 左右，因此以下的位渦分析針對 300K 等熵面討論。

圖 3 是寒潮個案 1，台灣寒潮發生前位渦的演變。從位渦圖得到，東亞地區出現兩個位渦較大的區域：一個靠近日本韓國一帶，另一個分布在貝加爾湖，青康藏高原的北邊。前者發生在東亞主槽附近，在一般天氣圖較常發現，但後者較少出現。位渦較大的區域都出現明顯的北風分量，顯示高位渦的空氣來自極地冷氣團。在寒潮發生前 1 天(12/28)可發現，貝加爾湖西南邊的位渦開始往外移動(圖 3.c)，由於青康藏高原地形的影響，此高位渦冷氣團沿著地形向東移動。當冷氣團東移到青康藏高原東側，氣流失去地形的阻擋，在氣壓梯度力的作用下，則沿著山脈邊緣快速向南移動(圖 3.d)，造成台灣的寒潮現象。從風速向量可發現，台灣寒潮發生時，冷氣團來自貝加爾湖以南低區的冷空氣。

(三)阻塞高壓與寒潮爆發

圖 4 是根據美國氣候預報中心(climate prediction center)發佈 2004 年冬季北半球的阻塞指標。由圖顯示阻塞高壓活動頻繁。2004 年 12 月中下旬，西伯利亞一帶先出現阻塞高壓，接著 2005 年 1 月初太平洋一帶出現阻塞，且阻塞指標約以 2

度/天的速度向西緩慢移動；1 月下旬以後，西伯利亞地區出現另一道阻塞高壓，同樣的，阻塞指標逐漸向西移動，往大西洋一帶延伸。

若從西伯利亞阻塞指標與台北地區的溫度時間序列(圖 5)發現，寒潮皆發生阻塞指標出現極值之後，約在阻塞消散階段。由圖 5 也發現，阻塞高壓的出現頻率與寒潮大致相同，阻塞高壓出現週期約 15~16 天左右，且阻塞高壓發生的地點逐漸往西移動，此與 Branstator (1995)研究，北半球中高緯度冬季存在緩慢西行，週期約 16 天的行星波動是一致的。

(四)行星波與阻塞流

從阻塞指標的直方圖發現，2004 年冬季北半球阻塞高壓的發生地點，逐漸從北太平洋往西移動(圖 4)。Collucci(1998)的研究指出，緩慢西行的行星波與阻塞高壓有密切的關聯，行星波造成的大尺度環流變化，以及行星波的位渦輸送是阻生的重要機制。圖 6.a 是從中高緯度(60N-70N)500-hPa 行星尺度之高度場的演變，在此行星波動定義為緯向波數 1-4。從圖得到，2005 年 1 月初，北太平洋一帶的行星波開始往西傳播，而另一道行星波約從 1 月下旬從北大西洋出發往西移動。就空間結構，圖 6.a 與圖 4 有相同的特徵，行星波與阻塞指標皆往西移動。圖 6.b 是西伯利亞地區、北太平洋與北大西洋三個地區，行星波之高度異常的演變。比較圖 5 與圖 6.b，對於西伯利亞地區，行星波的演變與觀測高度場的演變幾乎一致，而北太平洋與北大西洋地區結果也相同(圖略)，顯示，此區高度場的變異絕大部分來自行星波的貢獻。結合圖 4 可得到，北半球地區的阻塞高壓主要是緯向波數 1-4 的行星波造成，此向西移動的行星波不僅導致阻塞個案 2 的生成，也造成阻塞個案 3 與個案 4，高壓的中心位置向西偏移。

四、結論：

本研究透過資料分析，探討台灣地區 2004 年冬季發生 4 次寒潮的成因，研究中發現，四次的寒潮皆發生在阻塞消散階段。寒潮的冷氣團源自阻塞高壓兩側槽線附近的冷氣團，當阻塞高壓建立後，阻塞產生的環流將高緯度的冷氣團傳送到高壓東側的槽線。在阻塞消散，槽綫團在氣壓梯度力的驅動下，快速往南以移動，造成台灣低溫現象。

在冷氣團移動過程，青康藏高原的地形效應也扮演重要的角色。當高緯度的冷氣團往南移動，在接近青康藏高原時，由於地形的影響，氣流發生轉向，從北風轉為往東運動，當冷氣團東移到青康藏高原的東側邊緣，氣流失去地形的阻擋，在氣壓梯度力的作用下，低層氣流沿著山脈邊緣向南移動，

系統被破

高位渦冷氣團南移至更低緯，造成台灣的低溫現象。

此外，2004年冬天，北大西洋與北太平洋的海溫皆偏高。海溫下墊面可以影響行星波的演變以及阻塞的形成(Mullen, 1989)。北大西洋與北太平洋的海溫異常與行星波的關係？對阻生的影響則有待進一步的探討。

五、參考文獻：

余家忠，1975：阻塞高壓及其對台灣天氣影響之研究。氣象預報與分析。

徐晉淮，1969：阻塞高壓對台灣天氣影響之研究。氣象學報，15，6-19。

Branstator, G. and I. Held., 1995: Westward Propagating Normal Modes in the Presence of Stationary Background Waves. *J. Atmos. Sci.*, 52, 247-262.

Colucci, S. T., 1998: Numerical prediction of the onset of blocking: A case study with forecast ensembles. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 773-784.

Illari, L., 1984: A Diagnostic Study of the Potential Vorticity in a Warm Blocking Anticyclone. *J. Atmos. Sci.*, 41, 3518-3526.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M.

Chelliah, W., Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K.C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 77, 437-472

Lejenas, H., and H. Okland, 1983: Characteristics of Northern Hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data. *Tellus*, 35A, 350-362.

Mullen, S., 1989: Model Experiments on the Impact of Pacific Sea Surface Temperature Anomalies on Blocking Frequency. *J. Climate*, 9, 997-1013.

Namias, J., 1978: Recent drought in California and western Europe. *Rev. Geophys. Spa. Phys.*, 16, 435-458.

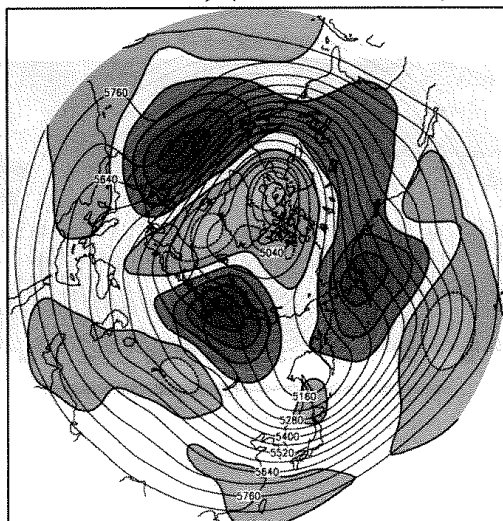
New, M., Lister, D., Hulme, M. and Makin, I., 2002: A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research*, 21, 1-25.

Rex, D. F., 1950 a: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. I. An aerological study of blocking action. *Tellus*, 2, 196-211.

Rex, D. F., 1950 b: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. II. The climatology of blocking action. *Tellus*, 2, 275-301.

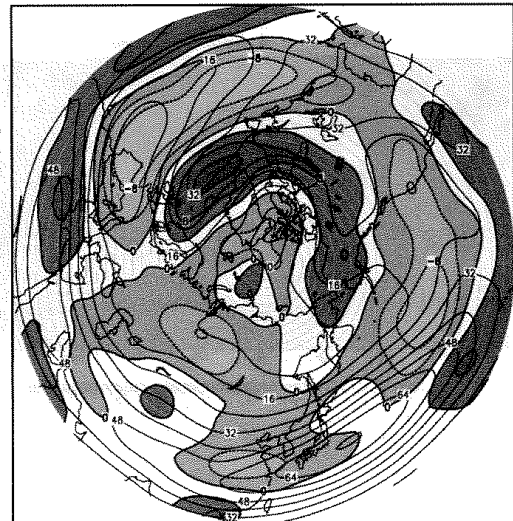
六、附圖：

(a) H500 Anomaly (DEC2004-FEB2005)



-150 -120 -90 -60 -30 0 30 60 90 120 150

(b) U200 Anomaly (DEC2004-FEB2005)



-20 -16 -12 -8 -4 0 4 8 12 16 20

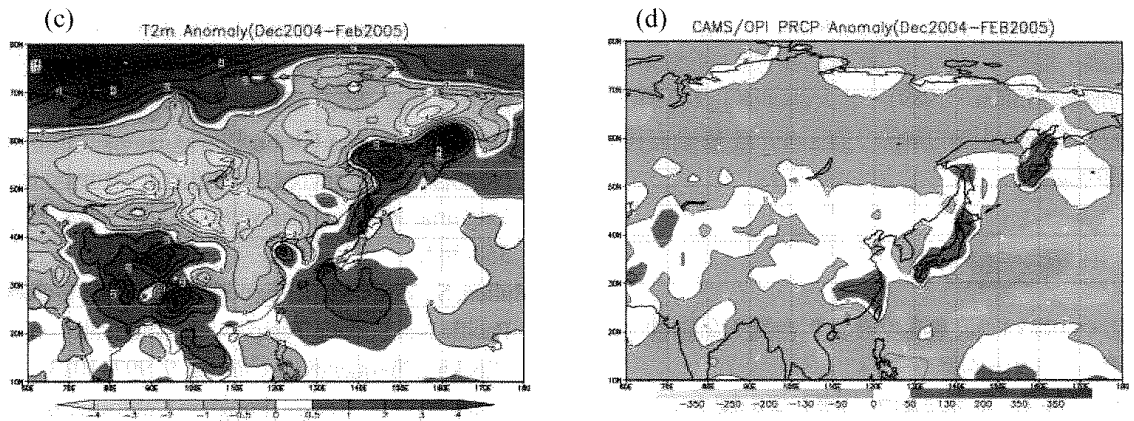


圖 1 2004 年冬季(DJF)，東亞地區環流分布圖。(a)500hPa 高度場，其中陰影為高度距平值，(b)200hPa 緯流風場，陰影為風速距平值，(c)地面溫度異常，(d)總降水量異常。

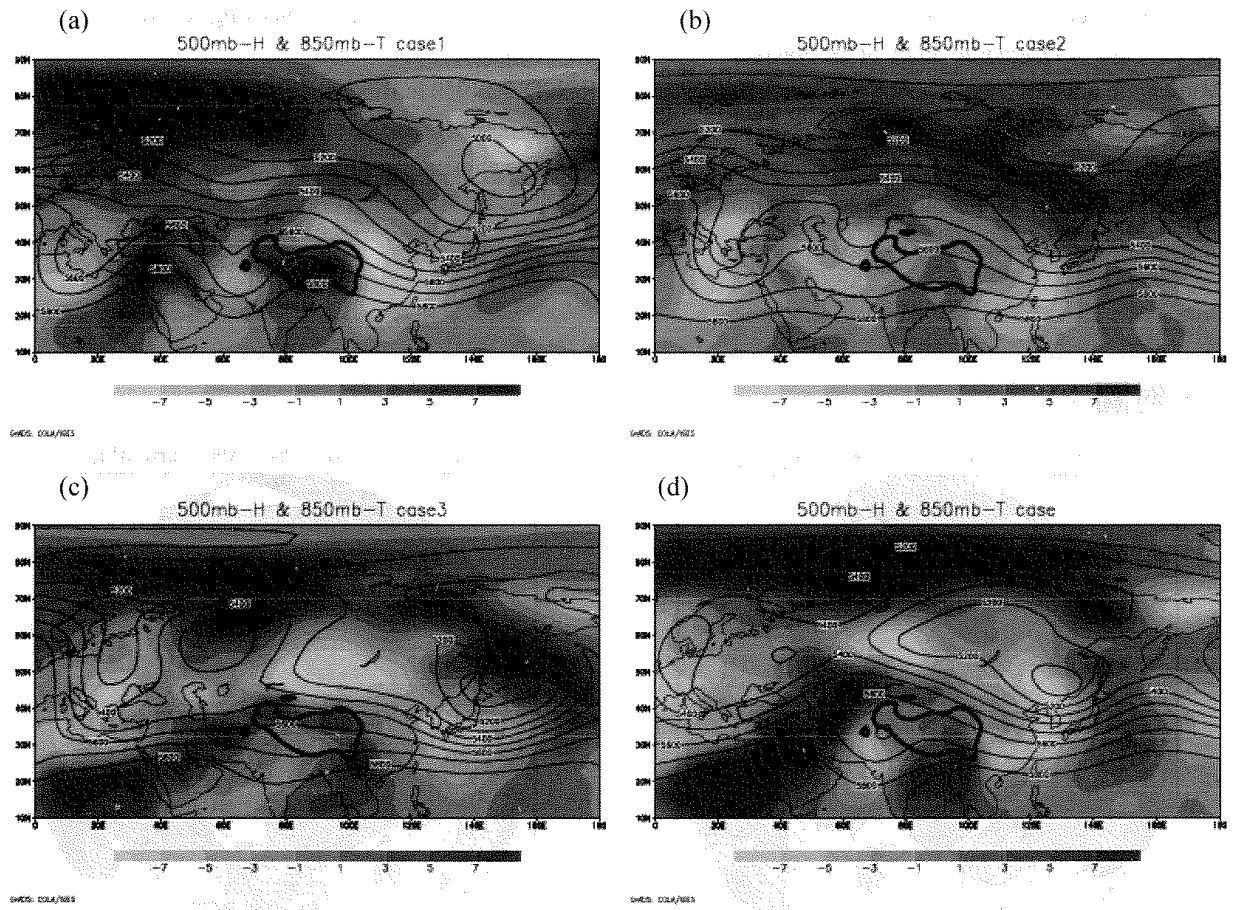


圖 2 2004 年冬季，台灣四個寒潮個案發生期間，500hPa 高度與 850hPa 溫度異常(陰影)的分布情況。高度場等值線間距為 200m。

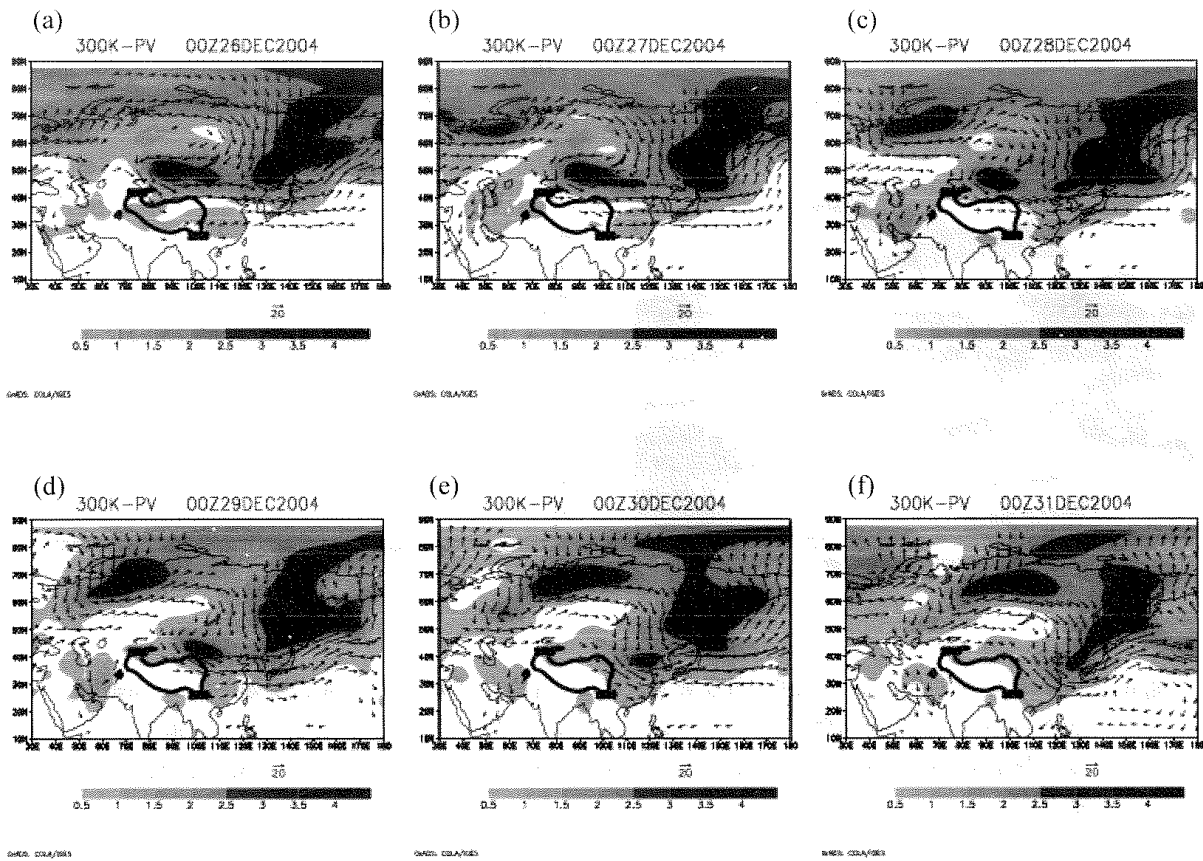


圖 3 寒潮個案 1(2004/12/29~2005/1/2)發生期間，300K 等熵面之位渦的演變，圖中箭頭為等熵面的風速向量。其中位渦數值為放大 10^6 (單位, $\text{Kkg}^{-1}\text{m}^2\text{s}^{-1}$)的結果。

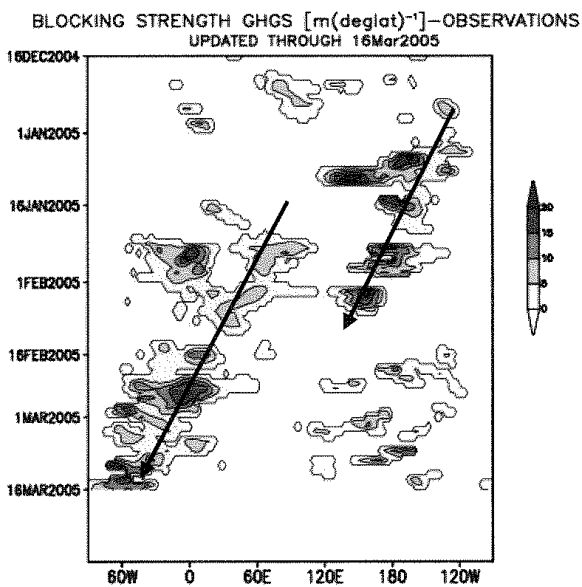


圖 4 2004 年冬季北半球阻塞指標的直方圖。阻塞指標與阻塞定義摘自美國氣候預報中心(climate prediction center <http://www.cpc.noaa.gov>)。圖中箭頭為阻塞指標移動的方向，由圖顯示阻塞指標約以每天 2 度的速度向西移動。

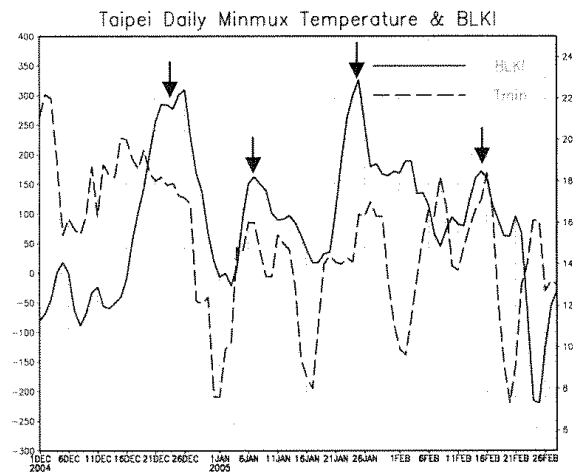


圖 5 2004 年冬季西伯利亞地區阻塞指標與台北氣溫(虛線)時間序列的比較，在此西伯利亞阻塞指標定義為：60E-110E，60N-70N 地區 500hPa 高度異常的平均值。圖中箭頭所指即西伯利亞阻塞高壓發生的時間。

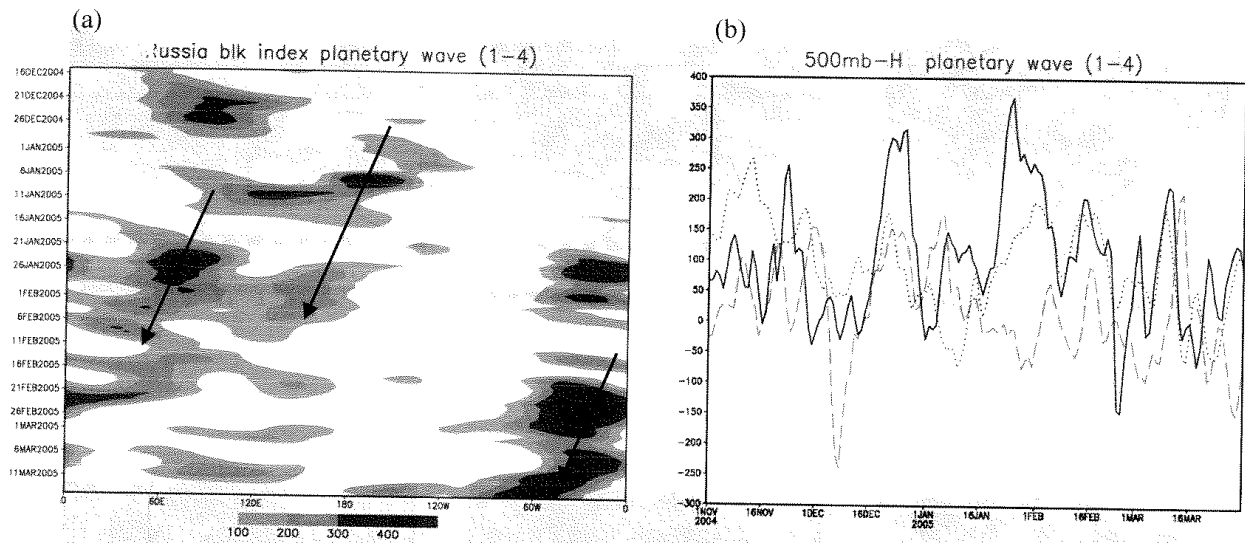


圖 6 2004 年冬季，北半球 500hPa 高度異場之行星波(緯向波數 1-4)分量的演變。(a)中高緯度 (50N-60N)行星波的演變，(b)不同地區行星波的比較，黑色曲線為西伯利亞地區的平均高度場，點曲線與折曲線分別為與北大西洋與北太平洋地區的平均高度場。圖中箭頭為行星波移動方向。