

2019 年 1-2 月北美洲寒流事件分析

陳淡容、朱容練、于宜強

國家災害防救科技中心氣象災害組

摘要

本文針對今(2019)年 1 月下旬於北美洲發生之寒流事件進行初步分析與探討。該寒流事件所伴隨之強風和低溫造成部分地區的氣溫或風寒指數創新低，也是美國大部分地區超過 30 年來罕見之低溫事件。該事件之成因為原存在於極區的極地渦旋南移至中緯度地區，極區之冷空氣南下影響北美洲所致。本文將透過記錄該事件，嘗試探討極地渦旋移至中緯度地區時所造成之影響，以及位於副熱帶之臺灣受其影響的程度為何。

一、前言

今(2019)年 1 月底至 2 月初期間，位於中緯度的北美地區發生了極端低溫事件，該事件伴隨的強風和低溫於部分地區創下低溫及風寒指數的歷史紀錄，部分城市的低溫甚至超越南極大陸，並造成學校、企業和商店關閉及多處交通因大雪中斷等衝擊。在社群媒體上許多受

低溫影響區域之居民上傳大門結冰、馬桶結冰，或濕著頭髮走到戶外立刻結冰之影像，足見低溫之威脅。

此次低溫規模超過 30 年未出現之寒流事件，肇因於極地渦旋 (polar vortex) 南移至中緯度，導致中低緯度地區受到了低溫的影響，本文將針對本次事件進行分析與討論。

二、 事件概述

今年 1 月下旬開始，加拿大東部至西南部地區及美國中部北側地區受到由極區傳送出的冷空氣影響，多處地區發生極端低溫和強風，影響最劇烈的時間為 1 月 30 日和 31 日兩天。加拿大紐納武特省 (Nunavut) 貝克湖 (Baker Lake) 觀測到 -41°C 的氣溫及 -59°C 的風寒指數 (wind-chill factor)¹，其中風寒指數創下該區的最低紀錄，同時亦為該事件中觀測到最低的風寒指數(圖 1)。在 1 月 30 和 31 日這兩天，由極區南下的冷空氣同樣對美國中部北側造成低溫，最低溫皆發生在明尼蘇達州 (Minnesota)，卡頓 (Cotton) 地區觀測最低溫為 -48.9°C 和龐斯福德 (Ponsford) 地區的風寒指數為 -53.9°C (圖 2)，此州亦為該事件中受低溫影響最顯著的地區(圖 3)。美國伊利諾州 (Illinois) 和印地安納州

¹風寒指數是指冷空氣流通時對身體造成的冷卻作用，包含了氣溫和風速的雙重影響，其公式如下： $T_{wc} = 13.12 + 0.6215T_a - 11.37v + 0.16 + 0.3965T_av + 0.16$ ，其中 T_{wc} 為風寒指數($^{\circ}\text{C}$)、 T_a 為氣溫($^{\circ}\text{C}$)、 v 為距地面 10 米的風速(km/h)。風寒指數通常低於氣溫，若公式所求之風寒指數高於氣溫則要改用熱指數(heat index)。

(Indiana)也觀測到歷史新低的氣溫(圖 2)。紐約 31 日氣溫為 -17°C ，相較於紐約 Buffalo 地區該日的最低溫氣候平均值(1900-2019)為 -8.8°C ，今年 31 日低於氣候平均值約有 8°C 之多，華盛頓杜勒斯(Dulles)國際機場於 31 日之日最低溫的氣候值(1962-2019)為 -5.7°C ，今年 31 日實際觀測到 -19°C 的低溫，也遠低於氣候平均值，距離當地最低溫的紀錄 -21.7°C 不到 3°C 。隔天 2 月 1 日美國各地明顯回溫，多數地區回溫幅度(溫差)超過 14°C 。

2 月 2 日極地渦旋再度南移影響北美洲，隨著冷空氣於加拿大境內往西移動，加拿大南邊省分由東往西接續受低溫影響(圖 1)。美國的低溫事件亦尚未結束，二月上旬冷空氣隨著極地渦旋由極區南下再度造成美國大範圍低溫的發生，加州尤里卡(Eureka)於 2 月 3 日開始降溫，當地溫度近 30 年來首次低於 10°C ，最低溫 -2°C 發生於 2 月 5 日。低溫影響至 2 月 7 日，除美國東岸和西北邊的蒙特拿(Montana)州仍持續降溫外，多數地區皆已明顯回溫。

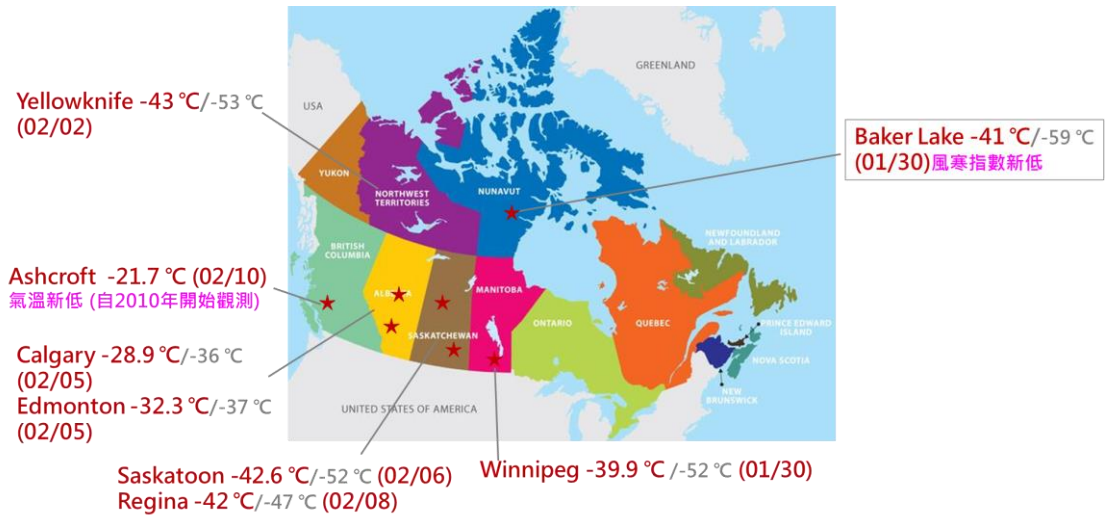


圖 1 加拿大受極地渦旋影響各地所觀測之低溫/風寒分布 (地圖來源：vecteezy)

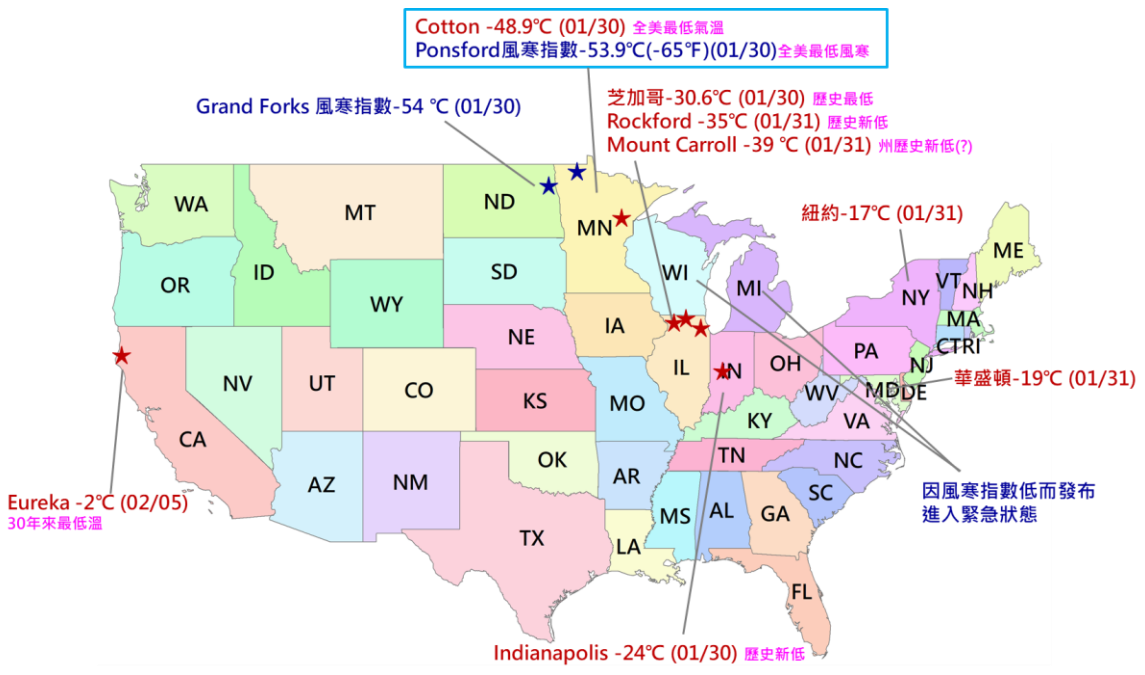


圖 2 美國受極地渦旋影響各地所觀測之低溫/風寒分布

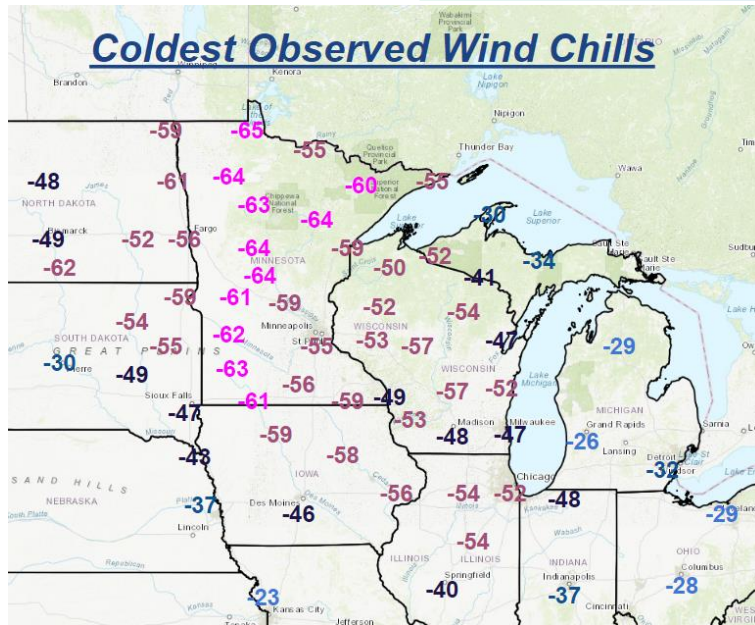


圖 3 1 月下旬至 1 月 31 日止美國中北部觀測之最低風寒指數(單位為°F) (圖片來源：美國國家海洋暨大氣總署，簡稱 NOAA)

美國 NOAA 國家氣象服務(National Weather Service)指出裸露的肌膚在-28.9°C (-20°F)的風寒指數環境下 30 分鐘內即有可能造成凍傷，此次事件部分地區的風寒指數低於-51°C (-60°F)，此種狀況下不到 5 分鐘即可能凍傷。因此部分州長宣布進入緊急狀態，關閉學校和企業，並加強宣導盡可能待在室內保暖。低溫期間天然氣需求量大增，同時發生幾起因使用不當而引發的火災事件。因為風雪的關係，幾度造成交通中斷，據 FlightAware 報導，在低溫影響最劇烈的 1 月 30 日和 31 日分別取消超過 2300 和 2700 個航班。此外，至少 22 人受一月下旬低溫事件影響而死亡。一月下旬至二月上旬低溫事件之時序如圖 4 所示。

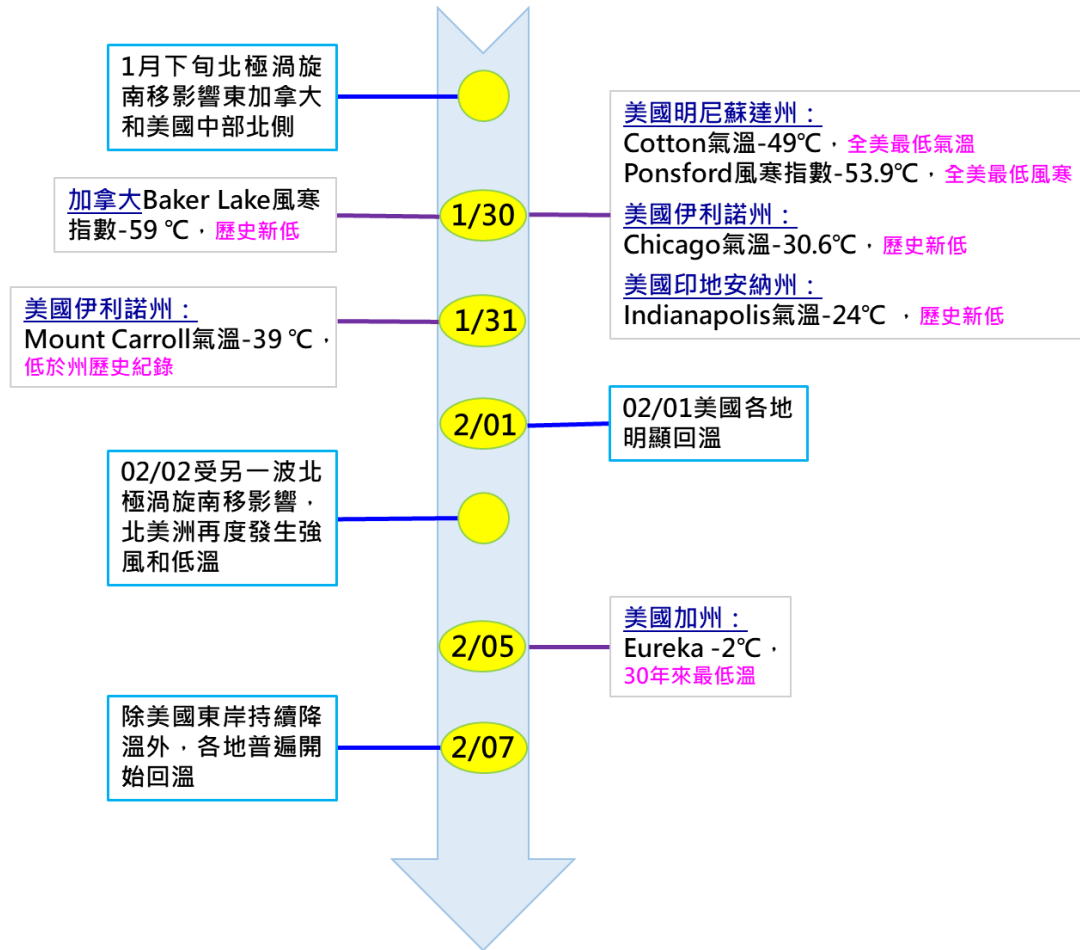


圖 4 北美洲低溫事件之時序圖

三、 氣象分析

(一) 北美洲寒流成因探討

本次造成北美洲極端低溫的主要原因為極地渦旋南移，將極區嚴寒的冷空氣帶至加拿大和北美一帶，南移過程中伴隨強烈冷風引起相當低的風寒指數。極地渦旋是存在於極區的氣旋，穩定狀態下會被極區噴流(polar jet)侷限在極區裡，其強弱取決於赤道和極區的溫差。由於冬季溫差較大，所以極地渦旋冬季強度較強；夏季則較弱。當極區噴流受到擾動或中緯度地區有較暖的空氣侵入極區時，則會破壞極地

渦旋的結構和動力機制，使得極區冷空氣向南傳送至中緯度地區造成低溫事件發生。當極地渦旋向南偏移時，通常會分為 2 個或多個渦旋，其中最強的渦旋位於加拿大巴芬島(Baffin Island)附近，另一個位於西伯利亞(Siberia)東北部，結構上呈現波動(wave)的狀態(圖 4)。而極地渦旋通常在穩定狀態和波動狀態間交替出現，此次事件則肇因於極地渦旋處於波動狀態下使極區冷空氣南下至中緯度。

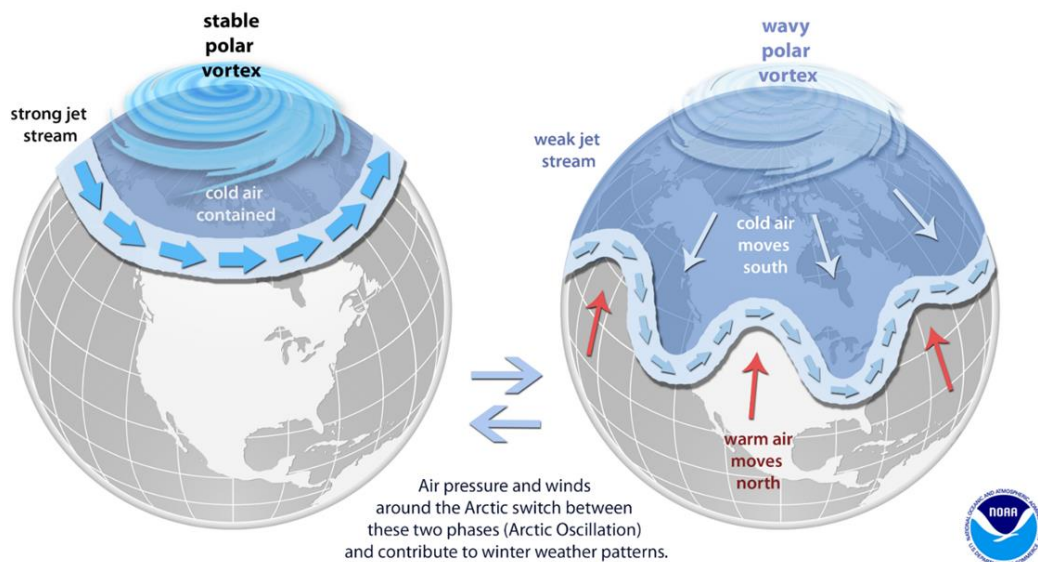


圖 5 極地渦旋於穩定狀態(左)和波動狀態(右)之示意圖 (圖片來源：NOAA)

由於極地渦旋是在穩定狀態和波動狀態間交替發生，當波動狀態的配置出現時，由極區南下的冷空氣會沿著槽線南下而造成中緯度地區低溫事件發生。此種因極地渦旋南下引發的寒流事件並不罕見，表 1 列舉了 21 世紀因極地渦旋南移引發的寒流事件，其中當波動狀態

的極地渦旋出現時，槽線的好發位置位於北美洲附近。因此北美洲因極地渦旋南移發生寒流²的頻率較其他高緯度地區高。造成極地渦旋南移的原因除了渦旋本身強度減弱外，亦有可能極區噴流結構受到其他動力機制影響(例如表 1 中 2014_11 月北美寒流)而產生波動，使得極區冷空氣和中緯度較暖空氣交換而造成極地渦旋南移。

表 1 21 世紀因極地渦旋南移造成的寒流事件

事件	概述	影響區域
2018 歐洲寒流	2 月下旬極地渦旋南移至中歐，並將冷空氣由西伯利亞傳送至歐洲	Great Britain、Ireland 和多數歐洲大陸地區
2017-2018 北美寒流	12 月下旬極地渦旋南移，低溫陸續影響至 01/19	加拿大中部和東部、美國東岸和中部地區
2015 北美寒流	2 月上旬極地渦旋南侵至美國東岸甚至美國東南地區。因阿拉斯加持續有 Ridiculously Resilient Ridge 存在，進一步造成噴流阻塞長達數週，因此此事件影響時間長達整個月	加拿大、美國東岸
2014_11 月北美寒流	颶風 Nuri 消散後的殘餘渦旋向北移動，造成噴流偏移產生 omega 的阻塞型態，使得極地渦旋向南傳播至美國中部和東部	加拿大、美國、墨西哥北部
2014_1 月北美寒流	01/02 極地渦旋南移(鋒面由極區向南延伸)，低溫影響至 3 月	加拿大、美國中北部和東岸地區、墨西哥北部
2013_12 月北美寒流	12 月 1 日極地渦旋強度減弱，造成美國中部和東岸異常寒冷	加拿大、美國中部和東岸

² 美國寒流定義為當全國平均日最高溫達 20°F (-7°C)以下。

(二)北極振盪介紹及其與東亞寒流之關聯

一般狀態下，極區的地面為低壓，中緯度地區氣壓較高，兩區之間存在極區噴流阻隔極區和中緯度地區的空氣交換。當極區噴流強度減弱且呈現波動狀態時，極區冷空氣會流動至中緯度地區，中緯度空氣也會傳至極區，造成極區和中緯度地區地面氣壓的改變。原本極區的低壓減弱使得氣壓增加，原位於中緯度的高壓也減弱(氣壓下降)。北極振盪(Arctic Oscillation，簡稱 AO)便是指北極和北半球中緯度間的海平面氣壓呈現反相位的現象，北極振盪指數則是度量此現象強弱的指標。當北極振盪位於正相位(指數數值為正)時，極區的氣壓較低而中緯度氣壓較高，此時極區噴流強度較強，極區冷空氣被噴流侷限住而不易南下影響中緯度地區。當北極振盪位於負相位(指數數值為負)時，極區噴流強度較弱，極區冷空氣易往中緯度地區流動而造成低溫。因此氣象學家會透過每日的北極振盪指數變化，判斷極區冷空氣是否有向中緯度地區流動的可能。1月下旬和2月上旬北美洲低溫事件發生時，北極振盪位於負相位，且於事件發生前其強度有增強的現象(圖 6)。

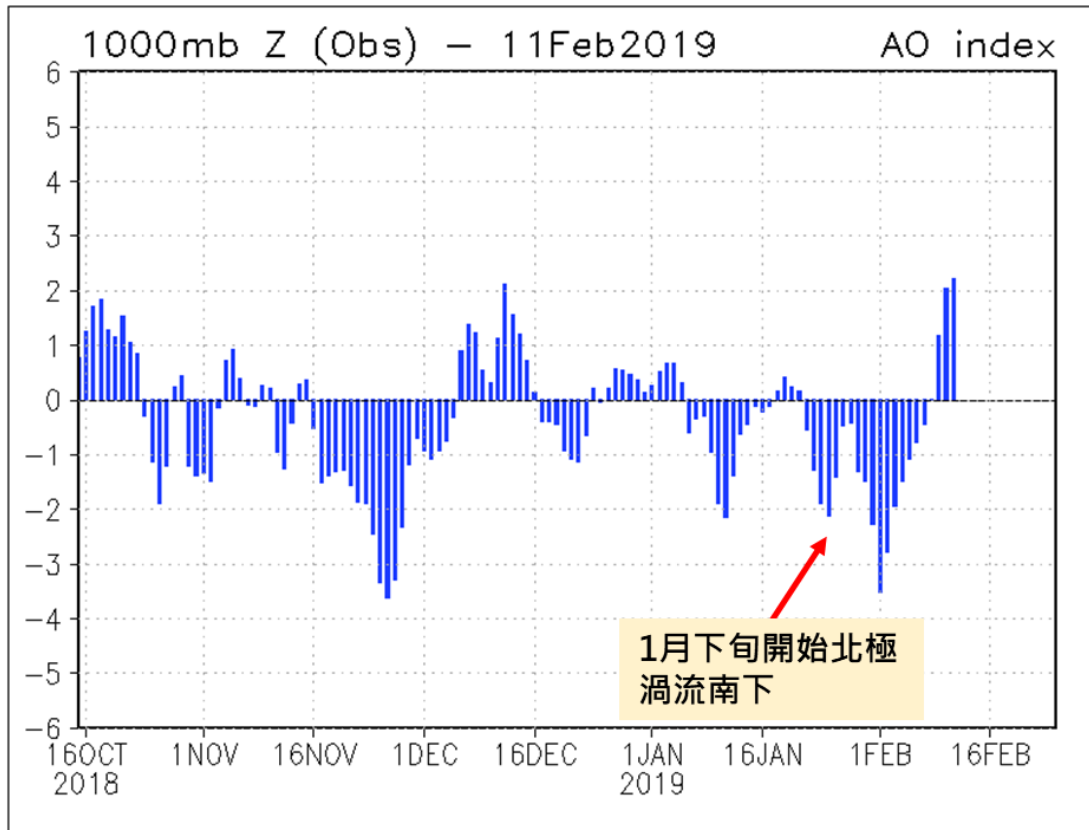


圖 6 2018 年 11 月至 2019 年 2 月每日北極振盪指數時序圖 (圖片來源：NOAA 氣候預報中心)

北極振盪負相位時極地渦旋的強度較弱，易南下影響中緯度地區，至於受影響的地區則要看槽線的深淺及位置，若槽線較深，冷空氣沿槽線南下時便能影響到較低緯度地區；若冷空氣南下至西伯利亞地區則會加強西伯利亞高壓，而臺灣寒流的發生與西伯利亞高壓強度有密切關係(Ding 1990; Zhang et al. 1997; Gong and Ho 2004; Wu and Wang 2002; Takaya and Nakamura 2005a; Jeong et al. 2006)。然而若冷空氣南下的位置位於北美洲，即使槽線夠深可以影響至較低緯度地

區，臺灣也可能不會發生低溫。

Song and Wu (2017)指出北極振盪對東亞較低緯度的地區發生低溫的影響，為北極振盪轉為負相位一週後，亦即北極振盪轉負相位的時間點會提早東亞低緯度地區低溫事件約 7 天左右。據此研究成果統計臺灣地區自 1982 至 2017 年冬季(12、1 和 2 月)總計 98 場寒流事件，於寒流事件發生前 5 至 10 天中，有 78 場寒流事件是在發生前一週左右有發生北極振盪位於負相位的現象。此結果僅說明臺灣地區發生寒流與北極振盪位於負相位有較高的關係，並非北極振盪位於負相位時臺灣地區發生寒流的機率相當高。以表 2 臺灣寒流事件為例，98 場寒流事件中，影響日數最長為 8 天，但該場事件(19930125)的北極振盪指數卻是所有個案中最高的。而歷史個案中北極振盪指數最小的個案(19850130)僅影響 1 天，僅北部地區受低溫影響。表 2 中另兩場事件分別為歷史個案中臺北測站最低溫和事件最低溫個案，皆於寒流發生前一週達到北極振盪負相位，影響區域皆到達南部。歷史個案中雖超過 7 成與北極振盪位於負相位有關，但低溫影響規模與北極振盪強弱並無絕對相關，受影響範圍和程度要取決於槽線位置與深淺。

表 2 臺灣數場寒流事件列表

寒流發生日	日數	最低溫 臺北 (°C)	最低溫 事件 (°C)	MJO(相位)	ONI	最低 AO 指數 (事件前 N 天)	影響範圍
19930125	8	7.5	4.9 新竹	3.5 (5)	0.1	3.322 (7)	南部
19850130	1	9.3	8.5 (彭佳嶼)	-2.8 (2)	-1	-5.581 (10)	北部
20160123	4	4	2.8 新竹	-1.4 (2)	2.5	-4.898 (7)	南部
19851215	3	5.9	2.8 嘉義	-1.9 (5)	-0.4	-2.113 (7)	南部

四、 結論

此次北美洲寒流事件起因於 1 月下旬開始極地渦旋南移，將極區冷空氣帶至北美洲引起強風和低溫，於 1 月 30 日在加拿大貝克湖引起破當地紀錄之最低風寒指數的 -59°C ，同日在美國明尼蘇達州觀測最低溫為 -48.9°C 和最低風寒指數為 -53.9°C ，上述觀測均為美國在此次事件中的最低氣溫和風寒指數。

極地渦旋南移(北極振盪位於負相位)這種情況並不罕見，主要受影響區域為中緯度地區，但當極區冷空氣南移的規模較大時便會影響至較低緯度的區域，臺灣過去有 75%寒流事件是發生在北極振盪位於負相位一週後。但是反過來說，北極振盪位於負相位不一定會造成臺灣地區發生寒流，要視極區冷空氣南下的位置和程度而定。加上臺灣

位於緯度較低之亞熱帶地區，北極振盪對臺灣寒流的影響不像其對中緯度地區的影響那麼直接，仍需考慮其他大尺度環流(如反聖嬰、季內振盪)和天氣系統配置的共同影響，不適合單靠北極振盪的相位推斷臺灣是否有寒流發生。但是寒流發生必須有冷空氣，而北極振盪的相位可做為中低緯度地區是否有冷空氣來源的參考。

參考文獻

- Ding, Y., 1990: Build-up, air mass transformation and propagation of Siberian high and its relation to cold surge in East Asia. *Meteor. Atmos. Phys.*, 44, 281–292.
- Gong, D.-Y., and C.-H. Ho, 2004: Intra-seasonal variability of wintertime temperature over East Asia. *Int. J. Climatol.*, 24, 131-144.
- Jeong, J.-H., B.-M. Kim, C.-H. Ho, D. Chen, and G.-H. Lim, 2006: Stratospheric origin of cold surge occurrence in East Asia. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L14710.
- Song, L., and R. G. Wu, 2017: Processes for Occurrence of Strong Cold Events over Eastern China. *J. Climate*, 30, 9247–9266.
- Takaya, K., and H. Nakamura, 2005a: Geographical dependence of upper-level blocking formation associated with intraseasonal amplification of the Siberian high. *J. Atmos. Sci.*, 62, 4441–4449.
- Wu, B., and J. Wang, 2002: Winter Arctic Oscillation, Siberian high and East Asian winter monsoon. *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1897.
- 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.