

暖化氣候中的冷冬

今年好像冬季特別長，才遭強震與海嘯蹂躪的日本應是感受特別深吧！北海道去年十月底就降下初雪，現今已是三月中旬，還見日本氣象廳發布警語，提醒災區居民三月十六日有鋒面造訪，屆時氣溫可能下降到好似一月下旬那般，且要防備雨雪。

過去的這一個冬季真的很不平靜，北半球只能用一個「冷」字形容，南半球則是「濕」。然而英國氣象局在三月初宣布：英國今年的冬季不如去年那麼冷，氣溫在一月就回到正常，整個冬季平均下來氣溫比去年高出攝氏 0.8 度。包括臺灣在內的亞洲和東亞沿海區域的氣溫變化和歐洲不同，比較冷的月分出現在一月；美東則是十二月和一月都持續偏冷，十二月多處降下大雪，一月全美平均溫度為近十七年來一月的最低。

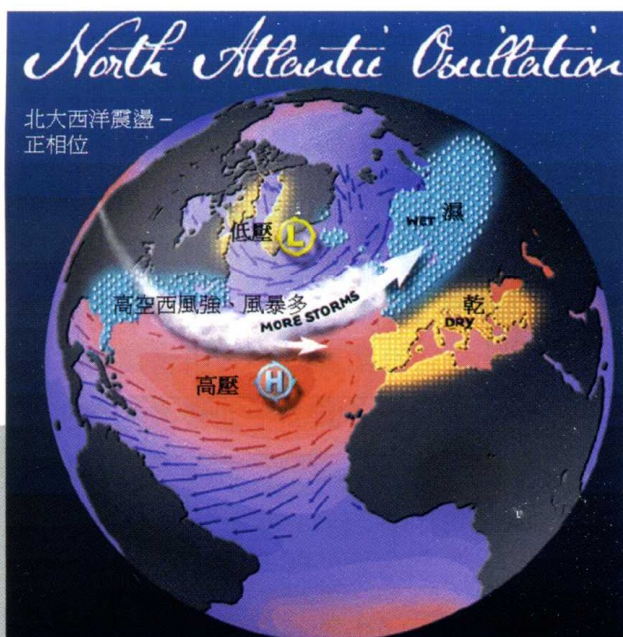
歐洲的低溫歸咎於大氣處於「北極震盪」負相位，美國的低溫則是受到「北極震盪」和「拉尼娜」(反聖嬰現象) 雙重影響，東亞偏冷是因為西伯利亞與蒙古高壓持續偏強，加強了東亞冬季季風，對此「北極震盪」、「拉尼娜」和「阻塞高壓」都貢獻了一些影響力。在南半球的澳洲，從去年十二月下旬到今年二月

接二連三發生水災，整塊陸地彷彿泡在水裡，累積的經濟與社會損失高居有史以來第一名。澳洲氣象局認為「拉尼娜」與「熱帶氣旋」是水災的禍首，氣候暖化也脫離不了關係。

在本刊第〈323〉、〈327〉、〈328〉、〈329〉期的氣象講堂筆者分別介紹過「熱帶氣旋」、「拉尼娜」、「阻塞高壓」(或稱駐波)、「蒙古高壓」(或稱西伯利亞高壓)等現象，本篇將談談「北極震盪」和氣候暖化與冷冬。

北極震盪

北極震盪原名 Arctic Oscillation，簡稱 AO，是地球大氣在北半球高緯度區域的一種氣候狀態。進一步說明北極震盪之前，必須先介紹另一種不能與 AO 分割的震盪現象：北大西洋震盪 (North Atlantic Oscillation，簡稱 NAO)。NAO 是英國氣象學家沃克爵士 (Sir Gilbert Walker) 在一九二二年發現的，他分析北大西洋上冰島 (約北緯 65 度，西經 18 度) 和亞述爾群島 (約北緯 38 度，西經 29 度) 兩地氣象站的氣壓資料，發現兩地氣壓的變化步調相當

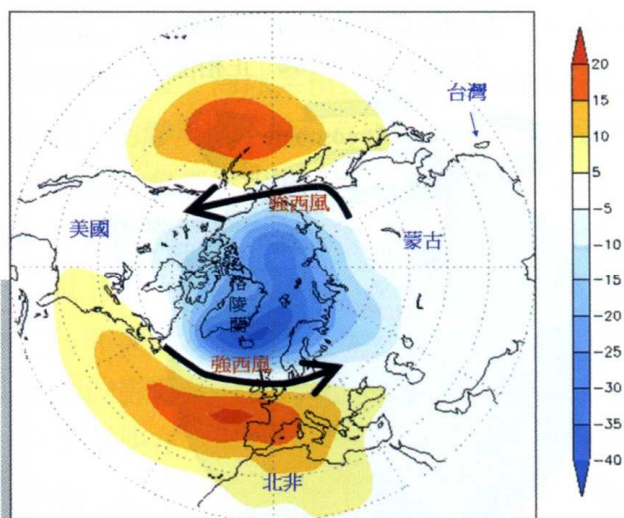


↑圖1. 北大西洋震盪 (North Atlantic Oscillation, 簡稱NAO) 正相位狀態之主要氣候特徵示意圖。

圖中的紅紫色系代表海表面溫度，紅色表示海溫偏高，紫色表示海溫偏低。L和H符號分別代表低壓與高壓中心，低壓中心位在冰島西方，高壓中心位在亞述爾群島附近。受到地球自轉的科氏力影響，在北半球低壓中心周圍的風場為逆時針方向，高壓中心周圍風場為順時針方向，低壓與高壓之間的氣壓差距會增強西風及大氣的不穩定，利於風暴發生。

圖片來源：<http://www.ldeo.columbia.edu/res/pi/NAO/>

一致，冰島低氣壓加深時亞述爾高壓也會加強，而冰島低氣壓減弱時亞述爾高壓也會減弱。換言之，當冰島氣壓下降時亞述爾會升高，而冰島氣壓升高時亞述爾會下降，沃克稱這種冰島與亞述爾氣壓變化反相位的蹺蹺板現象為「北大西洋震盪」(圖1)，並以亞述爾與冰島的氣壓差距作為北大西洋震盪指數。正指數(低壓與高壓系統都偏強)表示在兩個測站之間的北大西洋西風偏強，西風強的時候北大西洋上的風暴活動也比較活躍，西歐與中歐因

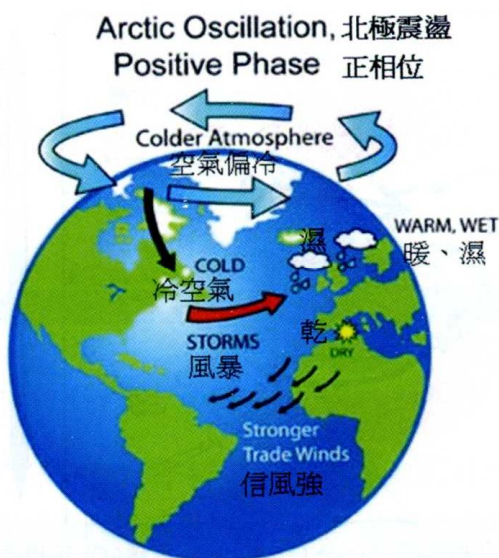


↑圖2. 北極震盪 (Arctic Oscillation, 簡稱AO) 正相位狀態在海平面高度層的氣壓與西風特徵示意圖。紅色表示氣壓偏高，藍色表示氣壓偏低，北極圈內為低氣壓時西風較強，使北極的冷空氣不容易向緯度較低的區域流動。

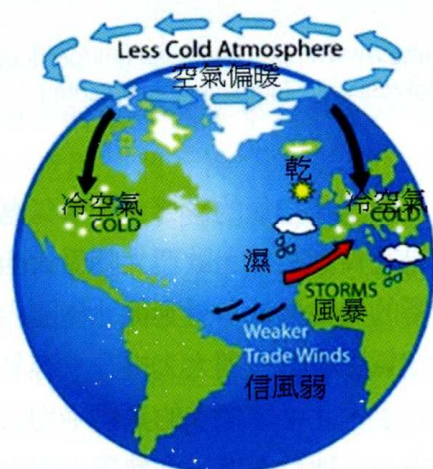
圖片來源：http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao.loading.shtml

受來自海上比較溫暖空氣的影響，冬季氣溫不致太低；若是在負指數年，歐亞大陸受大西洋溫暖空氣影響的機會偏低，受到從北極圈內往南潰流的冷空氣影響機會則大大提升，容易出現冷冬。別忘了，北半球冬季的氣候平均狀態就是有低壓中心在冰島西方，副熱帶高壓中心在北大西洋亞述爾群島附近。因此，北大西洋東岸包括北非、地中海、西歐、中歐以至於北歐廣大區域的冬季天氣和北大西洋震盪指數高低有極為密切的關係。

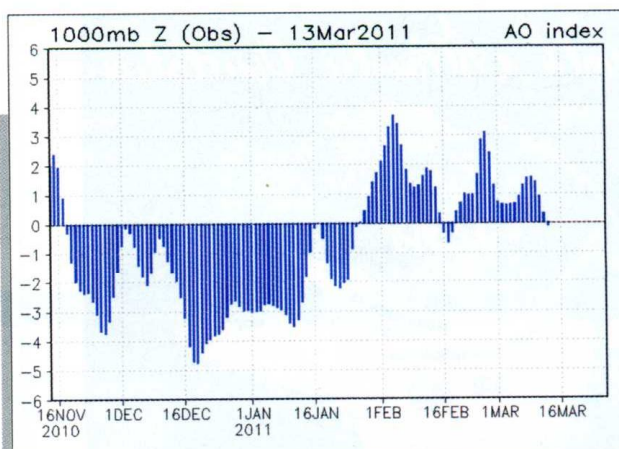
有別於NAO以北大西洋為聚焦，北極震盪現象是以環繞地球北極圈的高緯度西風帶為主體。北極圈附近的高空西風強弱取決於極圈內與極圈外的氣溫差距，圈內平均氣溫愈低則西風愈強，圈內愈冷時也氣壓愈低。圖2用海平



北極震盪 Arctic Oscillation,
負相位 Negative Phase



↑圖3. 北極震盪之正、負相位狀態之氣候特徵對照示意圖。(上圖) 正相位時北極圈內平均氣壓偏低，空氣偏冷，西風偏強，大西洋西風帶與風暴的位置則較偏北，英國與西歐受到來自大西洋的暖濕空氣影響而溫暖多雨，地中海區域因受大西洋副熱帶高壓偏強的影響比較乾燥少雨。(下圖) 負相位時北極圈內空氣偏暖，西風偏弱，英國、西歐、美洲大陸都容易受到來自北極的寒冷空氣入侵，冬季偏冷。大西洋副熱帶高壓偏弱，大西洋西風帶南移，北非和地中海區域的天氣較不穩定。
圖片來源：<http://climate.nasa.gov/kids/news/index.cfm?FuseAction=ShowNews&NewsID=6>



↑圖4. 二〇一一年十一月十六日至二〇一〇年三月十三日北極震盪指數 (AO index) 隨時間的變化。
圖片來源：http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao_index.html

面高度層的南北氣壓差異表示北極震盪指數與西風的關係，指數高時圍繞極圈的西風較強，極圈以內的低壓和極圈以外的高壓都比較強，圖中可見在北大西洋正是冰島低壓和亞述爾高壓同時加強的現象，與 NAO 指數正相位狀態特徵一致。

圖3 更清楚表現了伴隨北極震盪的西風強弱與天氣系統的變化關係，AO 指數偏高時北極低壓和北大西洋與北太平洋的高壓都會同時加強，而指數偏低時這些系統都同時偏弱。AO 指數也相當程度表現了北極冷空氣對北極圈以外區域的影響。AO 指數為正相位時，北極冷空氣和緯度較低區域的溫暖空氣相互影響比較小，極區冷空氣有如被強勁的西風鎖在北極圈內；當 AO 指數處於負相位，偏弱的西風鎖不住極區冷空氣，北極圈內的冷空氣遇適當時機便大舉南侵，影響緯度較低區域的天氣。

自去年十一月中到今年三月 AO 指數出現了相當大的變化 (圖4)，二月以前 AO 指數主要呈現負值，十二月中至一月中這段期間的負值尤其明顯，

二月以後則轉變為正值。英國這個冬季的冷度比不上去年，就是因為去年冬季AO指數異常偏低，且有超過三個月維持在極低的狀態，甚為罕見。

北極震盪指數可以簡潔有效地表現影響北半球高緯度區域的行星尺度（繞地球一圈的尺度）氣候型態，離北極愈遠的區域因為還有其他氣候因子的影響，北極震盪的影響力隨之下降。以臺灣而言，冬季氣溫受到以蒙古高壓為指標的東亞冬季季風影響甚大，降雨型態則受熱帶太平洋的聖嬰現象影響，北極震盪並不能直接主導臺灣的氣候變化。

氣候暖化與冷冬

連續兩年的冷冬，是否表示全球氣候暖化開始減緩了呢？根據美國海洋與大氣總署的統計，從去年十二月至今年二月的全球冬季平均氣溫在近一百三十二年的資料是排名第十六的暖冬，和本世紀其他年分相比，仍比二

〇〇一與二〇〇八這兩年的冬季溫暖。另外，今年冬季北極圈內的平均氣溫其實相當溫暖，海冰累積速度是歷史新低，表示氣候暖化促使海冰減少的腳步在不但沒有放慢反而仍在加速。

氣候暖化是氣候受到大氣溫室氣體含量改變所影響的百年尺度緩慢增溫過程。地球氣候系統極為複雜，大氣溫度變化受許多因素的影響，因此在暖化進行的同時全球各地或平均氣溫仍會出現豐富的變化。年與年之間的氣溫差異有些是受到大氣本身的動力與熱力過程的影響，另有一些則是受到大氣與海洋的共同影響，這些差異縱使在大氣溫室氣體含量維持不變的情境下依然會發生。例如，北極震盪是大氣內部的氣候變化，與海洋關係不深，而聖嬰現象是大氣與海洋相互影響之下出現的變化；前者緯度高變化快，後者則緯度低變化慢。

大範圍的氣候變化影響著天氣系統的活躍程度和時空特性。拉尼娜的現身，使太平洋與印度洋海溫在鄰近澳洲的區域從十二月到二月都偏暖，靠近澳洲和印尼的赤道東風增強，大大增加了不論是在南太平洋或南印度洋生成的熱帶氣旋入侵澳洲的機會，終至釀成世紀大水。氣候暖化有利於熱帶氣旋帶來更多的雨，雖然不是澳洲水災的元兇，也不能完全撇清關係。

