

聖嬰年東亞夏季水氣南北輸送和颱風之關係

李巨祥¹ 余嘉裕²

空軍氣象聯隊氣象中心¹

私立中國文化大學²

摘 要

颱風為西北太平洋地區活躍的天氣系統之一，不僅在東亞地區夏季的水氣南北輸送扮演著重要的角色，同時，亦對於區域氣候的水文循環有著顯著的影響。除此之外，在聖嬰現象期間颱風發生的頻率亦會有明顯地改變，因此，了解水氣南北輸送與颱風之間的關係有助於釐清短期氣候變遷的機制。本文以顯著聖嬰年為主，分析 1965 至 2001 年七到十月 (JASO) 西北太平洋颱風活動之特徵，並利用 NCEP 再分析資料、CMAP 降水資料、JTWC 最佳路徑資料來分析水氣南北輸送與颱風間之相互關係。

研究結果顯示，暖年事件時，水氣南北傳輸的分佈是西北太平洋東半部地區大於西半部地區，時間上則是多集中在整個颱風季的後半季，約是在八月中至十月初期間，從赤道地區隨時間往北傳至北緯 30 度；而冷年事件下則是剛好相反，為西半部地區大於東半部地區，時間上反而則是集中在颱風季的前半季，即約在七月初到九月中之間，同樣是北傳至中緯度 30°N 處附近。此外，暖年事件時赤道西太平洋地區的暖海水東移，且赤道地區的西風爆發 (Westerly wind burst) 可幾近換日線附近，如此一來，在熱帶洋面上有著豐沛而暖濕的水氣伴隨底層不穩定的初始擾動，因此颱風便更加容易由其中發展。

關鍵詞：聖嬰現象、颱風、水氣通量。

一、前言

臺灣位於歐亞大陸與西北太平洋交界帶，且又處於中、低緯度過渡之副熱帶地區，其天氣與氣候的變化可謂是一個包含了熱帶、中低緯度交互作用、鋒面與對流系統等多重時間與空間尺度之影響。除此之外，正因地理位置上處在哈德里胞 (Hadley cell) 上升和下沉交替區，乾濕季節分野明顯，因此，雨季多集中在春、夏兩季的梅雨與颱風時節。颱風為一西北太平洋地區活躍的天氣系統，不僅是我們主要的降水來源，同時，由於臺灣地區恰處其主要路徑之上，在夏季時，往往因颱風所挾帶的強風及豪雨，造成重大經濟上與農業上的損失，平均每年至少數十億元，尤有甚者更是人命的死傷，因此亦為我國最主要之天然災害。至於在聖嬰事件下，伴隨著赤道地區東風減弱，西太平洋

地區暖海水東移，以致於赤道東太平洋的海溫異常增高，進而激發出旺盛的對流運動，在雲雨形成過程中，水氣的凝結釋放出潛熱，因此，ENSO (El Niño / Southern Oscillation) 的發生改變了潛熱釋放的地區，大氣便透過環流的聯繫，以維持大氣的熱機運轉，同時，也對於全球的氣候產生了衝擊。對於島國子民的我們來說，颱風為我國水庫進水的最大來源，然而，以臺灣此種特殊的地形及地理位置，水資源的妥善管理與運用和短期氣候預報更加有著密不可分的關係。所以，我們若能對於海溫年際變化與颱風之間的關係有更進一步的掌握，勢必有助於釐清東亞地區的水文循環以及短期氣候變遷的機制，以期能對於國家的災害防、水資源的管理與規劃、經濟發展乃至於民生政策上有所助益。然而，此兩者無論是在時間亦或是空間尺度上皆相去甚遠，因此我們著重在整

個颱風季中，水氣的集合效應對颱風的影響，本文即以此為出發點，探討赤道太平洋地區海氣交互作用在東亞地區夏季水文循環影響中所扮演的角色。

本文選取 Nino3.4 區域針對 1950 至 2001 年夏季的洋面溫度作一距平，並依此為基礎來選出期間所發生的顯著聖嬰年（暖年）以及反聖嬰年（冷年）。其中，大於一個正標準差（暖年）的年份一共有八年，分別是 57、63、65、72、82、87、91、97 年，而小於一個負標準差的年份有十年，包含 54、55、56、64、70、73、75、88、98、99 年，由於 1960 年美國發射世界上第一顆氣象衛星 TIROS-1 升空後，從 1965 年開始，對於在天氣事件上衛星的觀測首次被列入常規觀測，因此，我們在對於冷暖年事件上的選取則選擇從 1965 年開始，即暖年 65、72、82、87、91、97 年，冷年 70、73、75、88、98、99 年，分別各六個年份，來探討其與東亞地區水文循環間的關係。

二、東亞夏季水氣的傳輸

為了瞭解在 ENSO 事件發生時東亞地區的水文特性，我們將焦點放在西北太平洋地區（ $90^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}\text{E/W}$ ； $30^{\circ}\text{S}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ）。水氣輸送主要是透過風場平流，因此我們先從東亞地區風場的變異量合成圖來看。圖 1 為暖年與冷年事件下 850hPa 風場在颱風季平均時的距平合成圖，由 (a) 圖中我們可以看到在暖年時由於受到東太平洋海溫增暖的影響，使得熱帶地區東西向的沃克環流強度減弱，讓原本的對流上升區（西太平洋）東移至中、東太平洋處；因此，在西太平洋低層出現輻散風分量距平，其下沉區的中心約略在 $100^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 處，故在此輻散區以東出現由輻散中心向外的異常西風分量距平，以西則是在孟加拉灣及印度洋附近產生異常東風分量距平，北方則是有從中緯度地區南下的氣流直至長江流域一帶，隨後轉而匯集於中太平洋地區。再者，由於伴隨沃克環流的高低壓異

常之故，致使強烈的西風距平分量出現在赤道 130°E 之處，也就是大約在印度尼西亞群島附近，向東延伸至中太平洋地區。除此之外，我們亦可清楚的看到一支跨越赤道流由南半球約莫 150°E 處跨越赤道而來，經過赤道進入北半球後，受到北半球科氏力的影響向右偏轉，並與北下的氣流匯集於中太平洋地區。而在中緯度北太平洋地區我們則可發現一氣旋式旋轉的風場距平，這意味著在暖年事件下北太平洋副高不但將會有東退的趨勢，同時伴隨而來暖濕的西南氣流對於東亞地區的影響亦會受到限制。

反觀冷年事件時則如圖 (b) 所示，由於赤道東太平洋的異常減溫，增強了大氣中東西向沃克環流的運動，而使得赤道地區的東風分量增加。異常的東風距平由赤道中太平洋地區向西延伸至馬來西亞一帶；但在冷年時跨越赤道流的現象不若暖年時那麼明顯，主要是出現在約赤道 120°E 馬來西亞外海，異常的北風分量距平跨越赤道而至南半球中緯度地區；至於在北太平洋地區，我們同樣可發現異常的風場變異量，但其呈現一反氣旋式旋轉，這意味著在冷年事件下副高的強度將會加強，基本上冷年低層風場分佈與暖年時相反。

此外，在 ENSO 事件發生時，因為異常的海溫使得大氣中環流產生改變，因此，接下來我們將藉由水氣通量、輻散輻合場與降水場的分析，來瞭解在 ENSO 年間東亞地區水氣來源、水氣傳輸過程與降水分佈。圖 2 (a) 為六個暖年低層的颱風季平均水氣通量 ($q\bar{v}$) 距平合成圖。由前述風場的分析中，我們已經知道在暖年事件下赤道中太平洋地區出現異常的西風距平分量，在此，主要的水氣通量變化亦出現在該區。對東亞地區而言，暖年時主要是受到由中緯地區南下水氣通量的影響，其位置約從中國的黑龍江省往南延伸至長江流域一帶，並有在該處呈現輻合的水氣通量距平，隨後轉而朝向東南方，其間水氣通量場在臺灣附近有輻散的距平出

現，而經菲律賓呂宋島時則出現輻合的距平，最後同樣輻合於赤道中太平洋地區。

冷年事件時則如圖 (b) 所示，在異常的沃克環流驅動之下，使得在反聖嬰年的夏季期間水氣通量是由赤道中、東太平洋向西傳送，約在赤道 150°E 附近出現最大的通量輻散中心，繼而在此分成三支，一支持續向西傳輸直至東印度洋地區，另一支則是由輻散中心往南跨越赤道地區，在南半球科氏力的作用之下轉向澳洲北部，但此跨越赤道流的情形不若暖年情形般明顯，強度也較弱；向北的支流則由通量輻散中心北傳至日本，而後轉向南亞地區。

圖 3 為暖年與冷年事件下低層水氣通量的輻散輻合場在颱風季平均時的距平合成圖。(a) 為暖年時水氣通量的輻散輻合場，我們可以發現在熱帶赤道地區水氣通量場皆為輻散的情形，最大的輻散中心約在馬來西亞附近，而對照圖 2 (a) 中水氣通量的方向可知，在此輻散中心以東，水氣是向中太平洋地區輻合；以西，則是由西太平洋地區往印度洋地區輻合。另外，南半球跨越赤道而來的水氣通量距平與馬來西亞附近西向的水氣通量輻合於赤道中太平洋地區，而在此種輻合之下，配合充裕的水氣及強對流的發生，因此極易引起熱帶氣旋從中生成。

另外，冷年時水氣通量的輻散輻合場則如圖 (b) 所示，不同於暖年事件，此時赤道中太平洋地區為一最大輻散中心，若比對圖 2 (b) 我們可以發現在冷年時東太平洋地區異常的減溫，導致東西向的沃克環流被加強，同時也使得在反聖嬰年的夏季期間水氣通量是由赤道中、東太平洋向西傳送，造成在中、東太平洋地區的水氣通量場是呈現一輻散的情形，而西太平洋乃至東印度洋地區則屬一輻合的情形。

圖 4 (a) 為六個顯著聖嬰年間 NCEP 降水距平合成圖，主要的降水正距平區集中在中南半島、菲律賓呂宋島以及西太平洋附近，而主要的降水負距平區域則是集中在赤

道至南緯 10° 度及 $90^{\circ}\text{E}\sim 165^{\circ}\text{E}$ 的範圍內以及臺灣、日本、大陸黃河流域下游處等等。在冷年時，主要的降水正距平區則是出現在赤道至南緯 10° 度及 $90^{\circ}\text{E}\sim 165^{\circ}\text{E}$ 的範圍內，值得注意的是臺灣以及大陸華南沿岸地區此時出現的是降水增加的正距平。此一分佈情況與前述中水氣通量及輻散輻合場的配置相同，由此可見，臺灣與東南亞沿岸地區在顯著聖嬰年時的降水量明顯的減少，而在反聖嬰年時則有增加的趨勢，除此之外，暖年與冷年時降水場的分佈大致上是相反的。

三、東亞地區水氣的時空分佈

為了瞭解東亞地區暖年與冷年時在颱風季可感熱通量場的時空分佈情形，因此我們選擇使用五日平均資料 (Pentad) 以期能濾除小尺度的對流運動而保留下由颱風所帶來的水氣，並針對暖年事件與冷年事件各六個年份做一距平分析圖。另外，為了方便我們比較，故在此特別加上普通年，即自 1965 年後標準差接近於零的年份 (66、80、83、86、89、95 年)。除此之外，由於東亞地區身處歐亞大陸與太平洋交界帶，因此我們將海陸區分為二，分別為西半部 ($100^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ ， $30^{\circ}\text{S}\sim 60^{\circ}\text{N}$) 與東半部 ($140^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}\text{E/W}$ ， $30^{\circ}\text{S}\sim 60^{\circ}\text{N}$) 兩個部份來探討之。

圖 5 為暖年、冷年與正常年事件下颱風季的低層水氣通量在西半部以及東半部地區的合成分析圖。由圖中我們可以發現到，北半球在夏季時有著兩個截然不同的水氣通量系統，一者為約在 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 的颱風系統，另外，在緯度較高處亦可見到由梅雨季尾聲的對流系統所帶來之水氣通量，位置大約是在黃河流域與日本一帶，直至八月中旬左右旋即消失。由 (a)、(b) 圖中我們可以輕易地比較出在暖年事件下，東半部的水氣通量傳輸較西半部來的活躍，除此之外，在東半部水氣通量的傳輸可持續一整個颱風季。(c)、(d) 為冷年事件下，西半部與東半部在颱風季間水氣通量的合成圖，將之與暖年

事件時比較下，我們可以發現冷年事件下，無論是東半部亦或是西半部，水氣通量的傳輸強度皆是較暖年事件時來的弱，此外，其間最大的差異在於東半部地區。在冷年事件下，赤道西北太平洋東半部地區水氣的傳輸十分不明顯，僅能在熱帶地區見到由小尺度擾動所致之水氣，可以說是幾乎沒有由颱風所帶來的水氣通量。至於在普通年時，其情形 (e)、(f) 與冷年事件相仿。

圖 6 為西半部地區六個暖年事件時颱風季的低層水氣通量距平，由圖中我們可以看出，在南北方向水氣通量傳輸的距平是以赤道地區到北緯 30 度處最為明顯，大值區亦出現在該區。就 72 年來說，我們可以清楚的看出有組織的水氣通量傳輸可分成兩波，第一波約從赤道地區向北傳送至黃河流域附近，時間從七月初到九月初間，而另一波則是同樣由赤道地區傳送到北緯 30 度左右，時間由七月中旬到九月底間。至於在其他的年份我們也可以看到水氣通量的南北輸送，而時間大多發生在 40 Pentad 至 53 Pentad 間。至於暖年東半部的情形則如圖 7，其中我們可以發現水氣通量距平的分佈很明顯比西部來的活躍，而傳輸的速度與距離亦遠大於西半部地區。在 72 年中，我們可以發現一通量距平由南半球 5°N 處向北傳至約 60°N，時間上約從八月中至十月初；換句話說即是以 5.5 公里每小時的時速向北傳播。82 年時，我們也可以在八月底九月初到十月初以及九月底至十月底這段期間，在東部地區看到兩波有組織的水氣通量距平由赤道地區往北輸送至中緯地區。另外，在 97 年時也可發現如同 72 年時的情形，時間約在八月上旬至十月初之間。

圖 8 為六個冷年事件下，西半部地區在颱風季的低層水氣通量距平。由圖中我們亦可看出，主要的水氣通量分佈地區同樣是發生在赤道地區至北緯 30 度處；另外，由 73 年中我們可以看到一有組織的水氣通量距平，約莫從赤道地區傳送到北緯 30 度處，時

間上則是從七月初到八月初之間。而在 75 年時，同樣也可在 36 Pentad 到 44 Pentad 間發現由低緯往中緯地區傳輸的通量距平，99 年時，有組織的南北水氣通量距平發生在七月底至九月中的這段時間，同樣是由赤道地區傳送到北緯 30 度左右之處。反觀在冷年東半部的情況則是如圖 9 所示，在冷年事件時，70、73、75 以及 88 年間 JASO 平均的低層水氣通量場距平在赤道地區時，多呈東西方向帶狀分佈，時間上也集中在八月中至十月初期間，這也意味著在這段時間內該區的水氣是持續性的存在。至於南北方向的水氣通量傳輸情況則相當不明顯，我們僅能在 98 及 99 兩年中 44 Pentad 到 53 Pentad 期間，發現一較弱的水氣通量距平自熱帶赤道地區傳至中緯度約 45°N 之處。

四、總結與討論

綜觀暖年與冷年事件下颱風生成的位置來說，在水氣通量場分析資料中我們可以看出，無論在暖年或冷年事件下，最大的變異中心皆是出現在赤道中太平洋地區，其間的差別僅在於暖年時該處為最大水氣通量輻合中心，反之則是為最大水氣通量輻散中心。此外，暖年事件時赤道西太平洋地區的暖海水東移，且赤道地區的西風爆發可幾近換日線附近，所以，我們可以推知當暖年事件發生時，颱風的生成區將有略微東移的傾向；反之，冷年事件時水氣通量主要是由赤道中太平洋地區向西傳輸，而熱帶地區的低層風場也有異常的東風分量，是故颱風的生成區將有西移的趨勢。因此，我們依颱風生成與消散的位置，以區分出颱風的路徑 (Elsner, 2003) 可由之發現到，在暖年事件時颱風生成的主要區域與冷年及平均的颱風生成位置相較之下，確實較為偏東；反之，冷年時颱風主要生成的位置則比暖年與平均的颱風生成位置明顯偏西，造成此間差異的原因除前述水氣與西風波的貢獻外，由於在暖年事件時，赤道東太平洋地區海溫異常的增溫，不

僅改變了原本東西向沃克環流的上升與下沉區，同時也使得南北半球由動力上強迫所造成的太平洋副熱帶高壓脊線有東退之傾向，連帶使得副高西南側的東風分量隨之減弱，進而在赤道地區產生大規模的西風爆發，此時，充裕的水氣隨著強烈的西風分量將赤道印度洋與西太平洋地區暖濕的水氣傳送至中、東太平洋地區，此時，也因為南太平洋副高減弱，異常的南風分量由南半球跨越赤道而來，使得北半球低緯地區建立起一低壓槽。如此一來，在熱帶洋面上有著豐沛而暖濕的水氣伴隨底層不穩定的初始擾動，因此颱風便更加容易由其中發展。反之，冷年時情況則剛好相反，由於南北半球的太平洋副熱帶高壓勢力增強，脊線西伸，異常的東風分量將東太平洋地區暖濕的水氣輸送至赤道西太平洋地區，這也意味著冷年時適合颱風生成的主要區域將會偏西。

再者，以時間點上來說，由颱風季平均時水氣通量距平的時空分佈圖中看來，暖年事件時，水氣的南北傳輸分佈是東半部地區大於西半部地區，時間上則是多集中在整個颱風季的後半季，約是在八月中至十月初期間；而冷年事件下則是剛好相反，為西半部地區大於東半部地區，時間上反而則是集中在颱風季的前半季，即約在七月初到九月中之間，同樣是隨著時間由赤道地區北傳至中緯度 30°N 處附近。造成此等差異主要還是在於海溫，由於 ENSO 事件時，東太平洋海溫增暖的最大振幅是發生在其成熟期，換句話說也就是在約十月至來年一月間，因此，在正常的狀態之下，颱風季後期的海溫由於此時太陽直射的位置漸漸往南半球移動而隨之減溫，如此一來，適於颱風生成的環境亦漸漸減少，反觀暖年事件下，步入冬季後，東太平洋地區海溫依然隨著時間增暖，而適合颱風生成的海溫條件也得以延續，是故在暖年時期水氣傳輸的最大變異處發生在颱風季的後半季，冷年時則因東太平洋地區海溫異常減溫，而深對流運動的發展端看洋面溫

度，並非是溫度梯度 (Graham and Barnett 1987)，因此，冷年時颱風不僅是在個數上比暖年來的少，其水氣通量的傳輸時間也因海溫等諸多限制，多集中在颱風季的前半季。另外，也正由於暖年時西太平洋地區暖海水東移至中、東太平洋地區，異常增暖的洋面上旺盛的對流運動使得哈德里環流的下沉位置也有東移的趨勢，如此一來，便使得整個西北太平洋上大環境下的駛流場較正常情況下來得不明顯，因此颱風的路徑在 β 效應的影響之下，呈現出北-東北的走向，同時，路徑不但比較活躍，其生命期也因遠離地形而較長，因此，在水氣通量距平的時空分佈圖中，暖年事件下東半部地區較西半部來的明顯；冷年時則反之。由此觀之，聖嬰事件本質上是透過改變熱帶氣旋其生成的區域與路徑，來加強潛熱的極向輸送 (Wang, 2003)，因此，對於東亞地區的區域氣候水文循環影響是冷年事件超過暖年事件。

致謝

本文在國科會計劃 NSC91 - 2111 - M - 034 - 002 資助下完成，研究所需之計算機資源由中國文化大學大氣科學系提供。

參考文獻

- Battisti, D. S., Hirst, A. C., 1989: Interannual variability in the tropical atmosphere /ocean system: Influence of the basic state, ocean geometry and nonlinearity. *J. Atmos Sci.*, 46, 1687-1712.
- Chan, J. C. L., 1999: Tropical Cyclone over the Western North Pacific Associated with El Niño and La Niña Events. *J. Climate*, 13, 2960-2972.
- Elsner, B. James, 2003: Tracking hurricanes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 84, 353-356.
- Frankignoul, C., 1985: Sea surface temperature anomalies, planetary waves, and air-sea feedback in the middle latitudes. *Review*

- of *Geophysics*, 23, 357-390.
- Graham, N. E., and T. P. Barnett, 1987: Sea surface temperature, surface wind divergence, and convection over tropical oceans. *Science*, 238, 657-659.
- Huang, R., and F. Sun, 1992: Impacts on the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 243-256.
- Kalnay, E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-472.
- Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan.*, 65, 373-390.
- Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, 1982: Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation /El Nino. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 354-384.
- Reynolds, R. W., and T. M. Smith, 1994: Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation. *J. Climate*, 7, 929-948.
- Suarez, M. J., Schopf, P. S. 1998: A delayed action oscillator for ENSO. *J. Atmos. Sci.*, 45, 283-287
- Trenberth, 1997: The definition of El Nino. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 12, 2771-2777.
- Wang, B., R. Wu, and X. Fu, 2000: Pacific-East Asia Teleconnection : How dose ENSO affect East-Asia Climate. *J. Climate*, 14, 4073-4090.

- Wang, B., and J. C. L. Chan, 2002: How strong ENSO events affect tropical storm activity over the Western North Pacific. *J. Climate*, 15, 1643-1658.
- Xie, P. and P. A. Arkin, 1997: Global precipitation : A 17-year monthly analysis based on gauge observation , satellite estimates and numerical model output. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 2539-2558

The Relationship of North-South Water Vapor Movement with Typhoons during the El Nino Events in East Asia

Ju-Xiang Li¹ Jia-Yu Yu²

Weather Center Weather Wing, CAF ROC¹

Chinese Culture University Atmospheric Science²

ABSTRACT

Typhoons play a pivotal role in north-south water vapor transport in East Asia, which profoundly affects the hydrological circulation of the area's climate. In addition, the frequency of typhoons occurring during El Nino also changes dramatically. Thus, by understanding the relationship of water vapor movement with typhoons helps to elucidate the mechanisms behind short-term climate changes. Based on prominent El Nino years, this paper analyzes characteristics of typhoons in the northwestern Pacific Ocean during the months of July to October from 1965 to 2001 (JASO). The NCEP, CMAP, and JTWC models are further employed to analyze the various datasets in studying the interaction.

Results indicate that during a warm event year, the north-south water vapor distribution in the eastern parts of the northwestern Pacific Ocean is larger than it's western portion. This phenomena is mostly concentrated during the typhoon season's later half, ranging from the equator to the latitude 30° north. Just the opposite occurs during a cold event year. Therefore, coupled with the abundance of water vapor from tropical oceans and unstable initial perturbations from lower levels, typhoons are prone to develop under these circumstances.

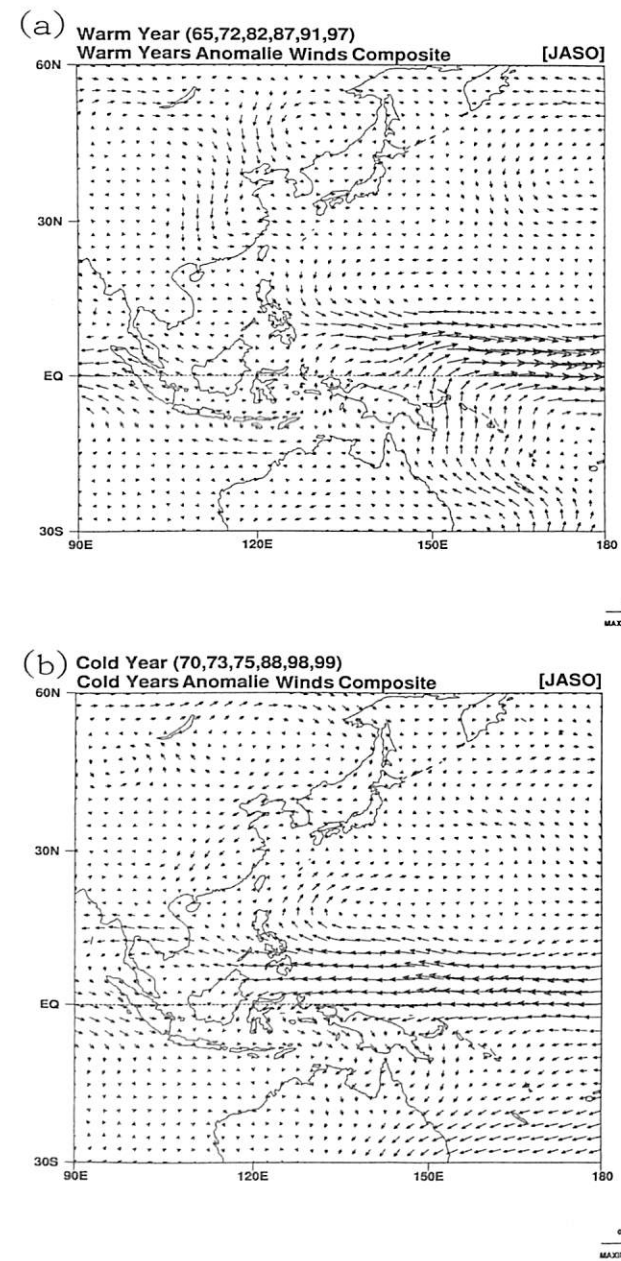


圖 1：暖年與冷年事件下 850hPa 風場在颱風季平均時的距平合成圖 (a) 為暖年 (b) 為冷年；右下角風標部份為風速 10ms^{-1} 之長度。

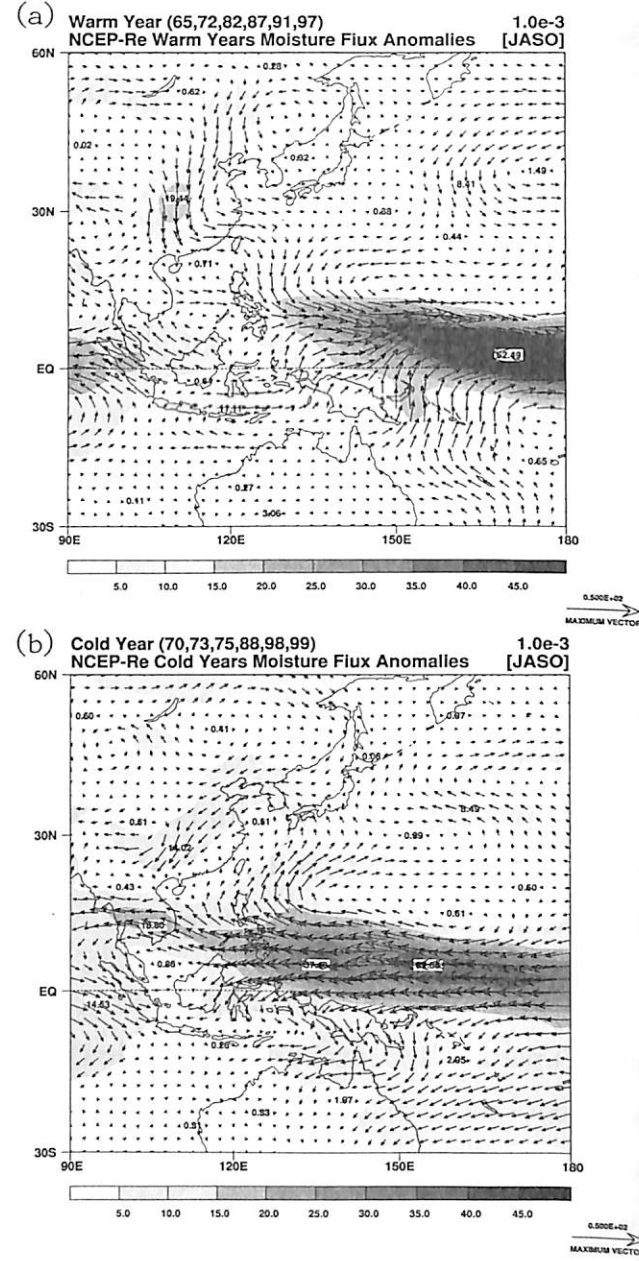


圖 2：暖年與冷年事件下 850hPa 低層水汽通量場在颱風季平均時的距平合成圖，風標部份為水汽通量的傳輸方向，而陰影區則為其向量值大小，灰階等值線間距為 $5 \times 10^{-3}\text{ms}^{-1}$ (a) 為暖年 (b) 為冷年。

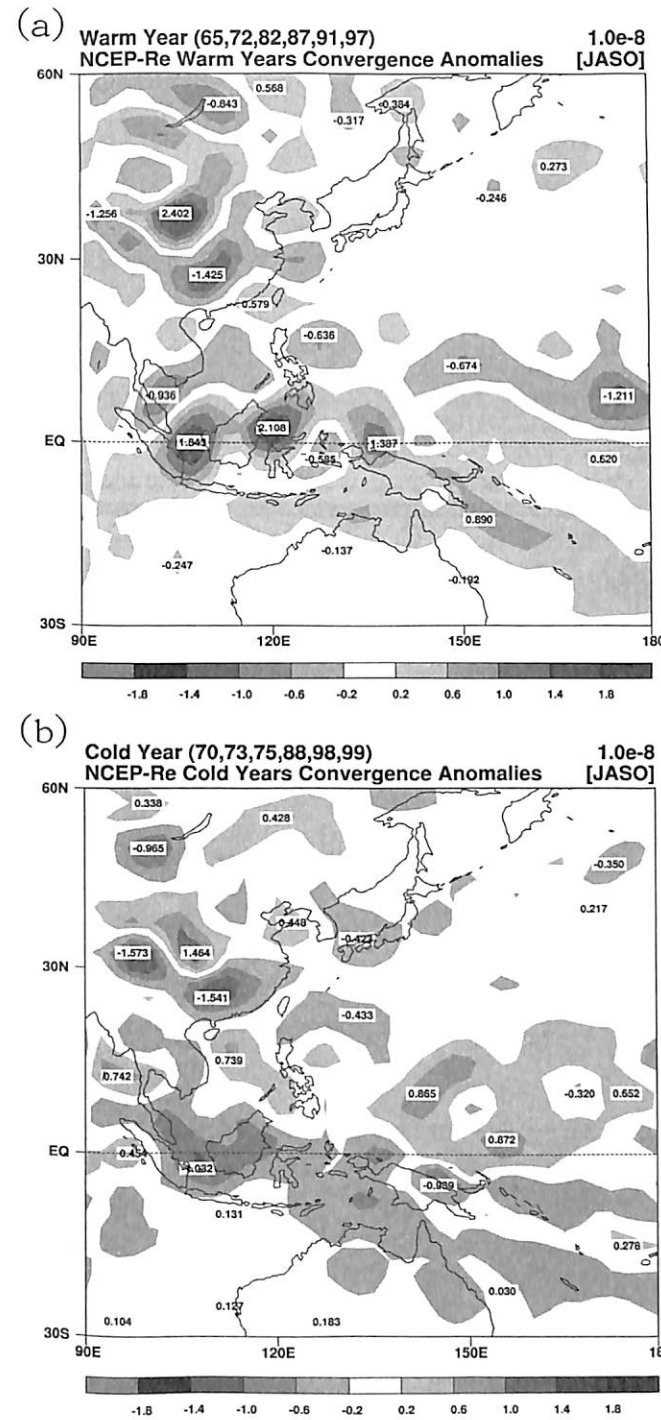


圖 3：暖年與冷年事件下低層水汽通量的輻散輻合場在颱風季平均時的距平合成圖 (a) 為暖年 (b) 為冷年，灰階等值線間距為 $0.4 \times 10^{-8}\text{s}^{-1}$ 。

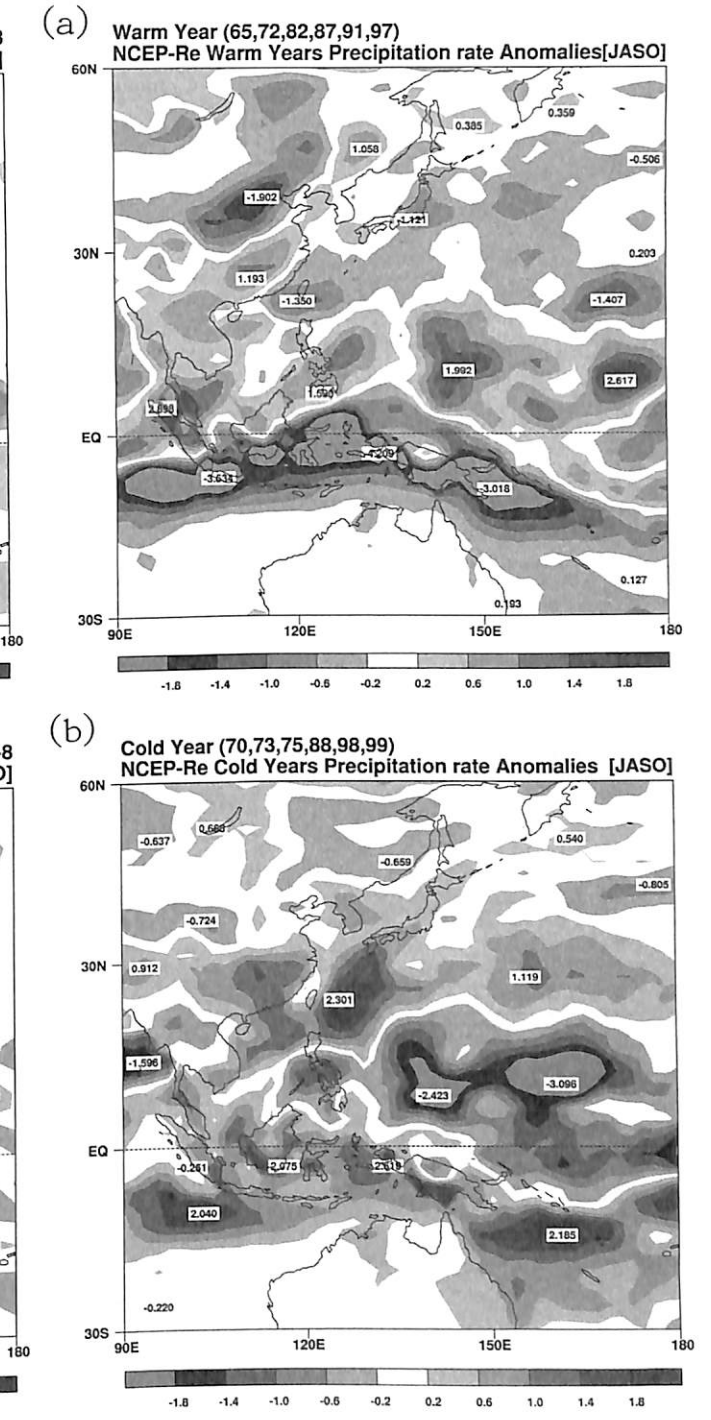


圖 4：暖年與冷年時降水場距平合成圖 (a) 為暖年 (b) 為冷年，灰階等值線間距為 0.4mmday^{-1} 。

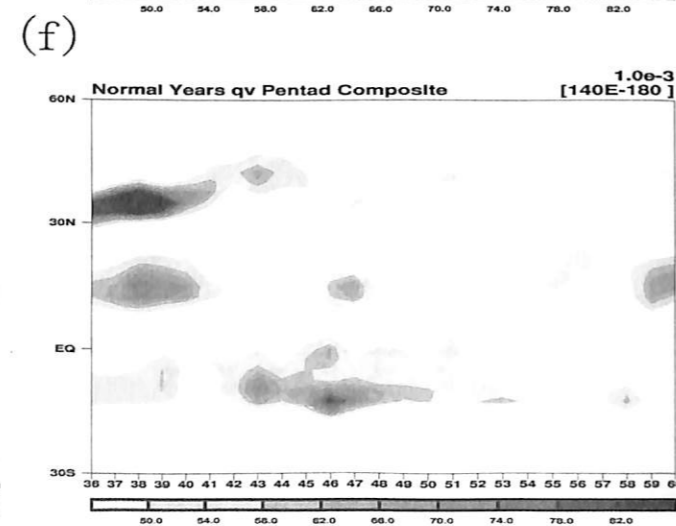
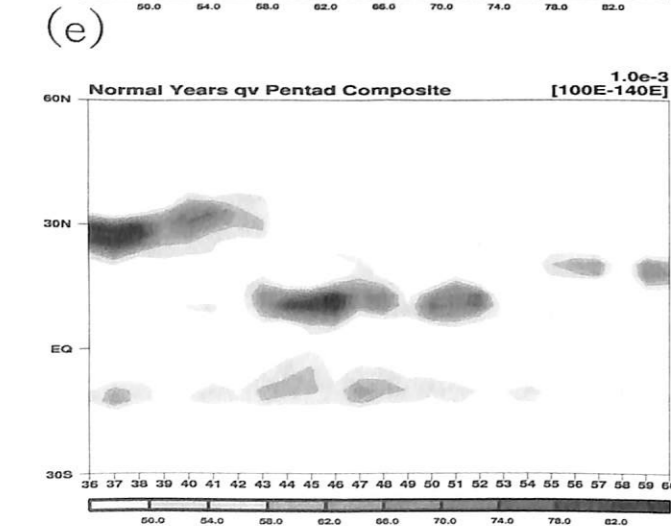
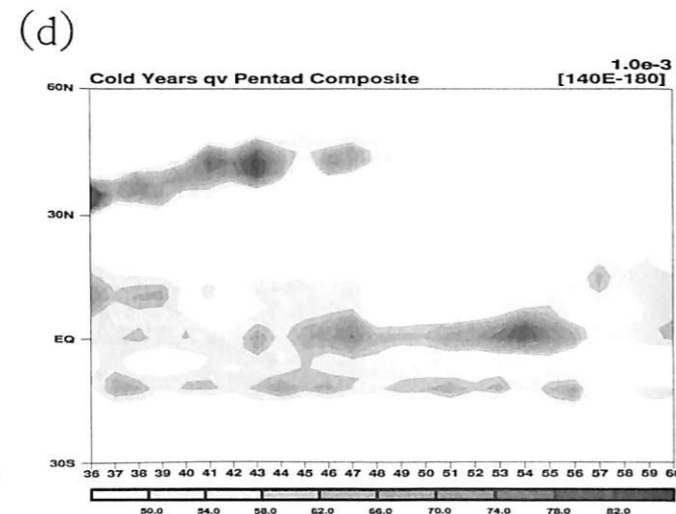
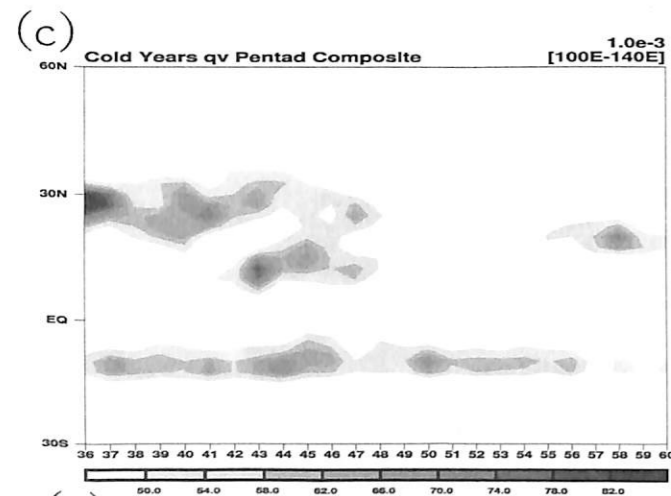
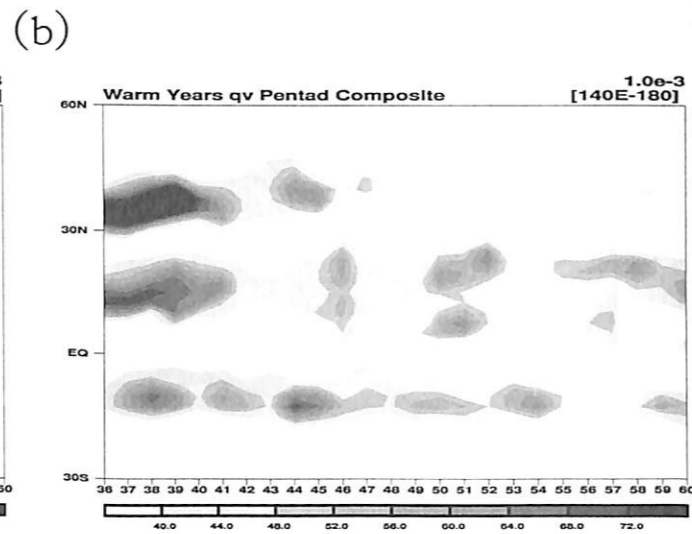
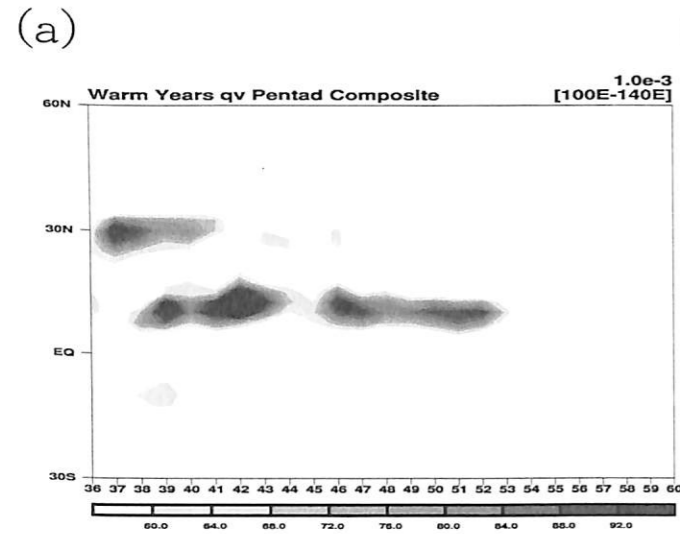


圖 5：暖年、冷年與正常年事件下颱風季的低層水汽通量在西半部以及東半部地區的合成分析圖。等值線間距為 $4 \times 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$ 。

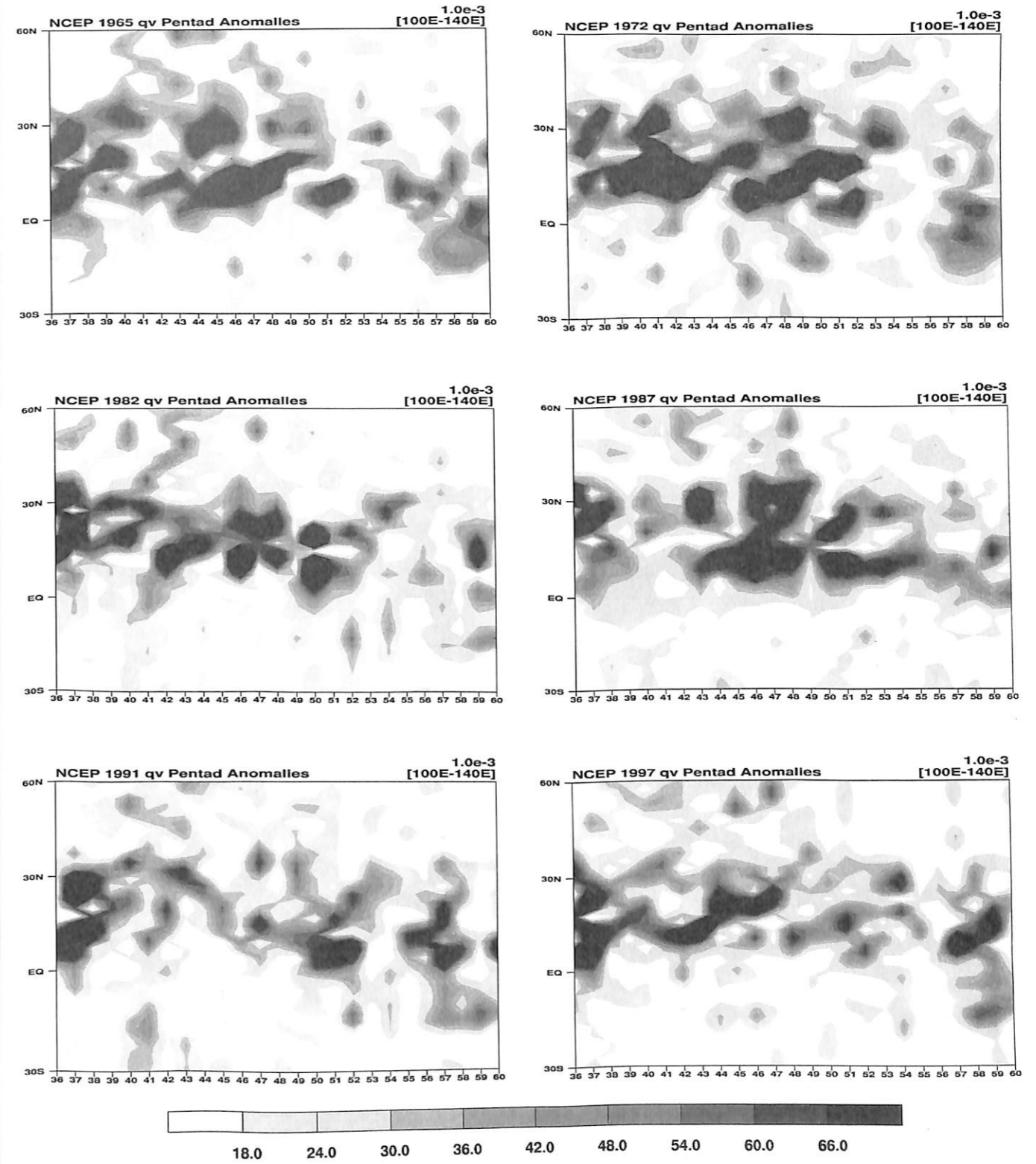


圖 6：西半部地區六個暖年事件時在颱風季的低層水汽通量距平。等值線間距為 $6 \times 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$ 。

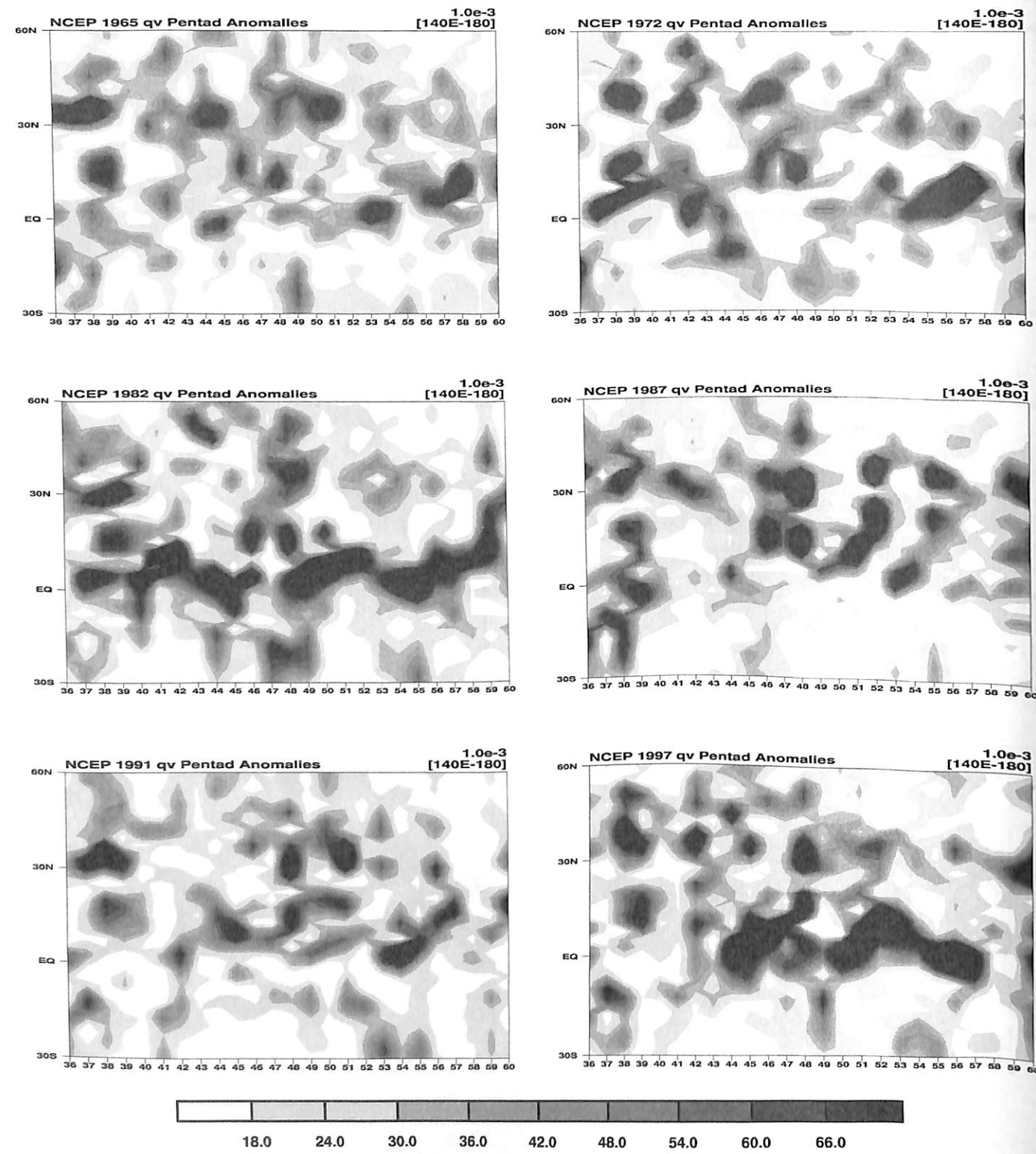


圖 7：東半部地區六個暖年事件時在颱風季的低層水汽通量距平。等值線間距為 $6 \times 10^{-3} ms^{-1}$ 。

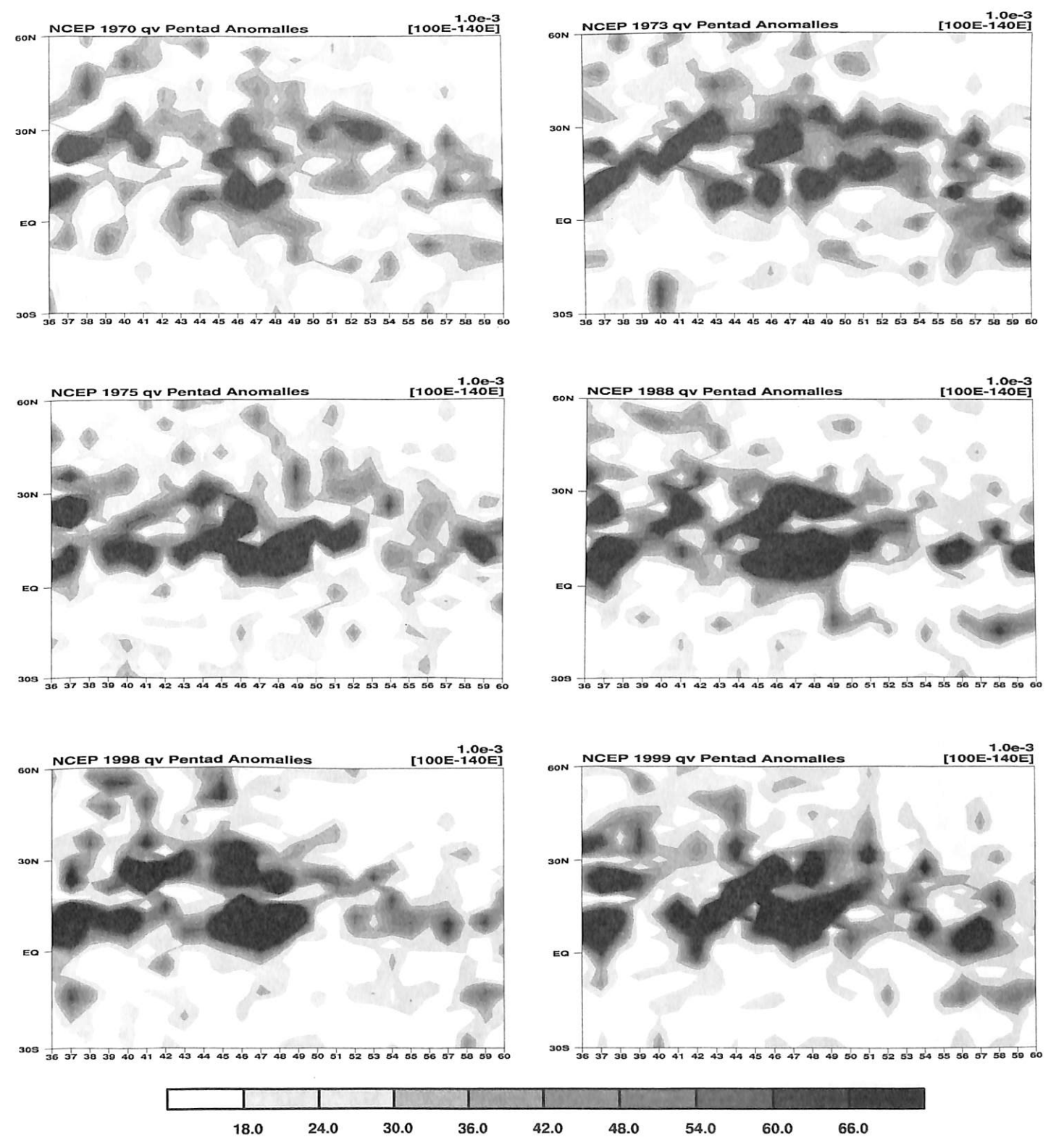


圖 8：西半部地區六個冷年事件時在颱風季的低層水汽通量距平。等值線間距為 $6 \times 10^{-3} ms^{-1}$ 。

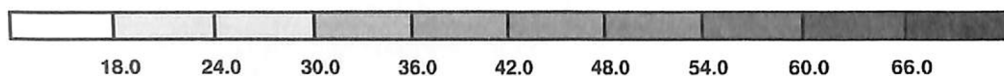
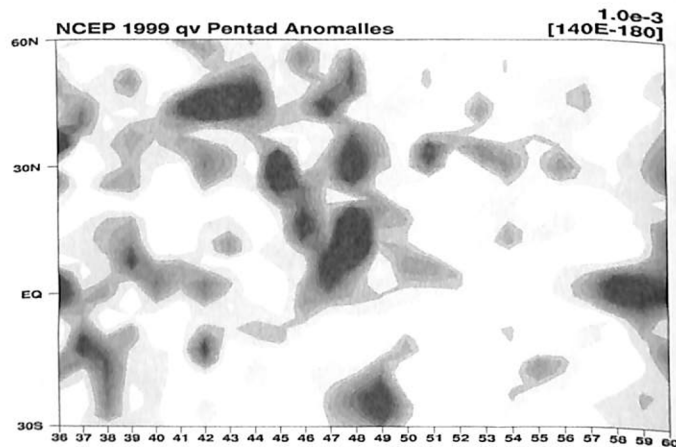
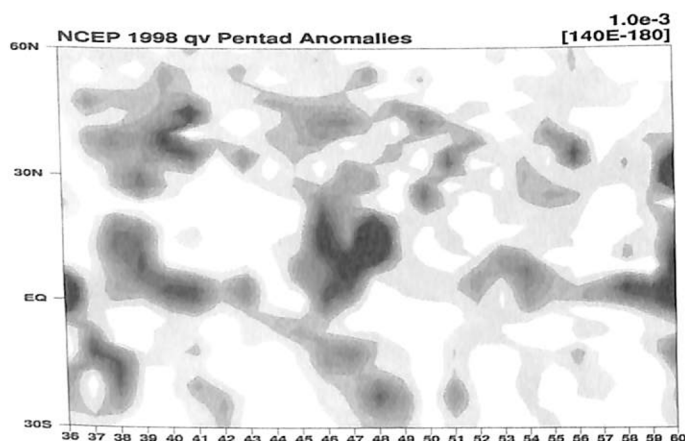
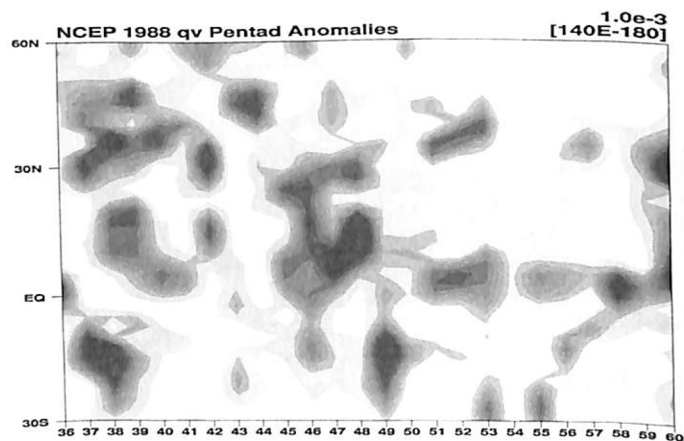
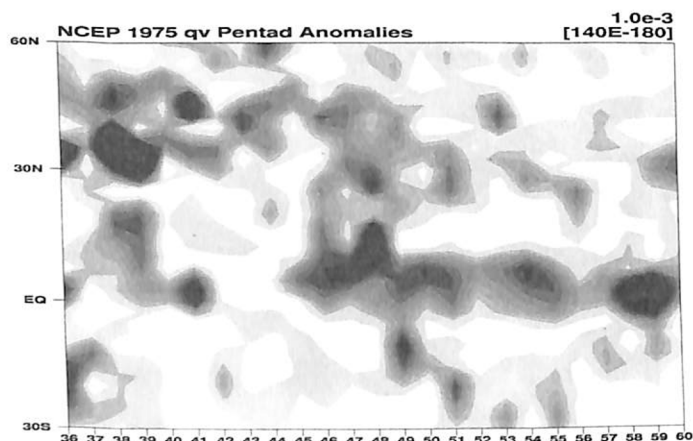
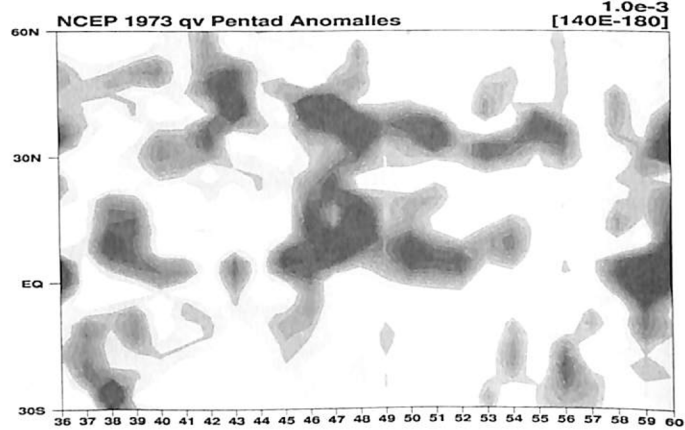
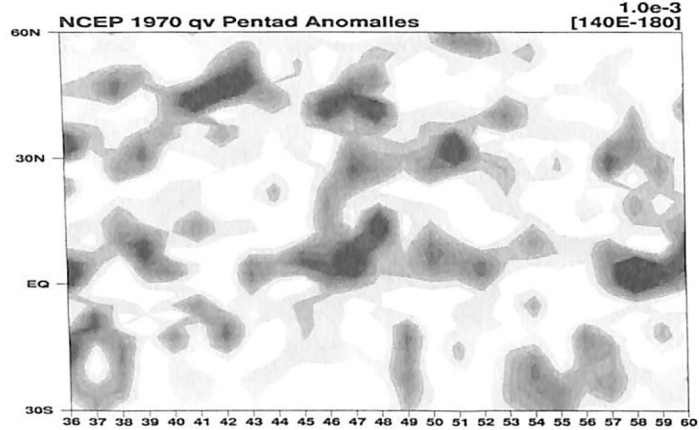


圖 9：東半部地區六個冷年事件時在颱風季的低層水汽通量距平。等值線間距為 $6 \times 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$ 。