

# 大西洋聖嬰與反聖嬰現象

涂建翊

彰化師大地理學系教授

聖嬰現象 (El Niño) 是目前大家所熟知，發生在太平洋海域，中太平洋至東太平洋赤道區海水表面溫度異常偏高的現象；相反地，當該區域海水表面溫度偏低時，則稱為反聖嬰現象 (La Niña)。兩者之間，以不規律的週期交替出現。

大西洋海域赤道區也有著類似的變化特徵，學者稱它為大西洋聖嬰 (Atlantic Niño)、大西洋反聖嬰 (Atlantic Niña) 或者是大西洋緯向 (東西向) 模態 (Atlantic zonal mode, AZM)。它與傳統聖嬰現象有何不同？主要影響又是什麼？接下來將透過以下內容讓大家認識它。

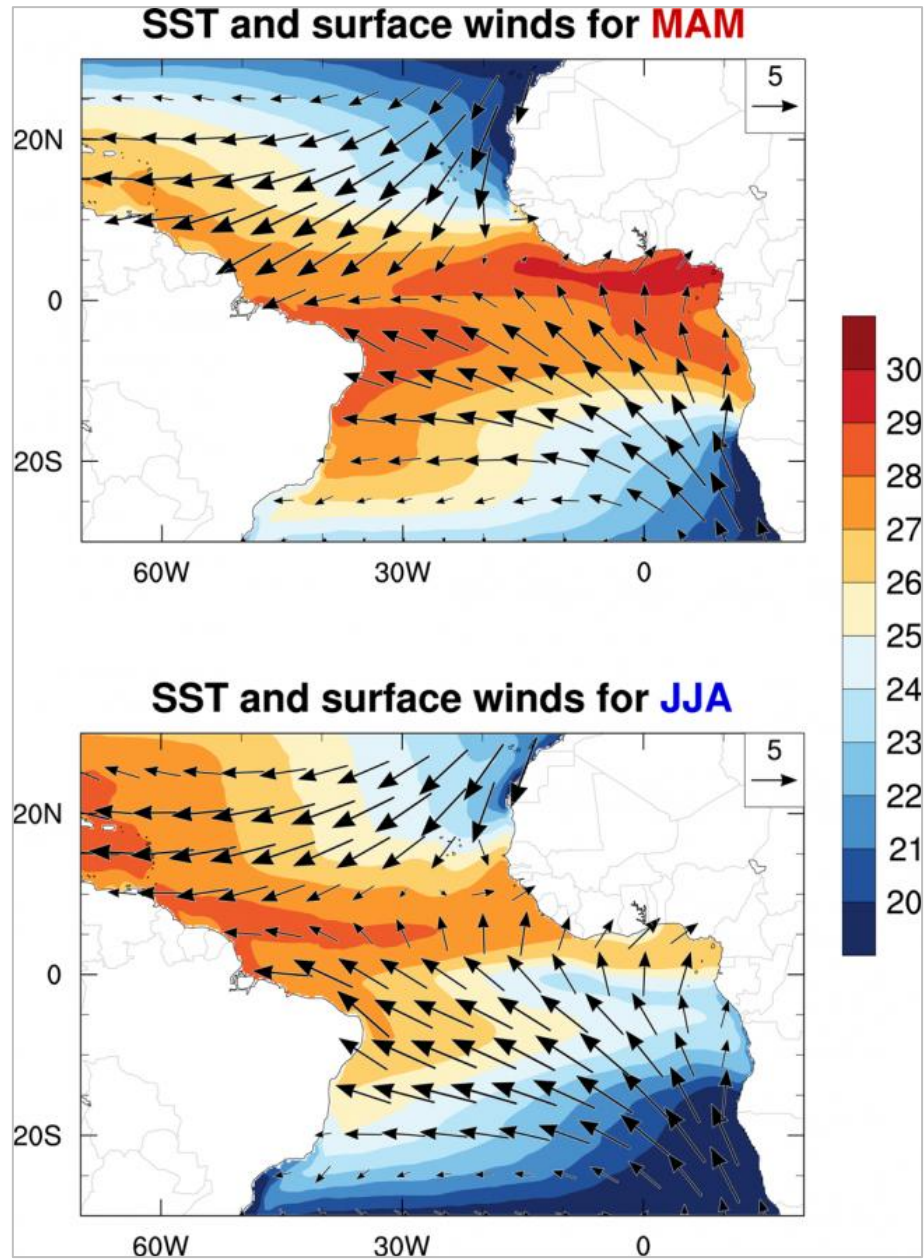
## 熱帶大西洋海域的季節循環特徵

過去我們在討論季節變化時，幾乎都會連結到中、高緯度地區，而熱帶地區其實也同樣有季節變化，只是幅度相對小一些。以熱帶大西洋為例，春季時 (3-5 月/March-April-May/MAM 的平均)，太陽直射區的位置會最靠近赤道，此時赤道地區的太陽輻射加熱作用最為強烈，並伴隨空氣輻合以及信風減弱等特徵，連帶使得赤道海水表面溫度於此季節特別溫暖。其中，幾內亞灣附近海域的海水溫度高達 29°C，整個海盆從南緯 10°到北緯 5°之間，也都在 27°C 以上 (圖 1 上)。

到了夏季 (6-8 月/June-July-August/JJA 的平均)，隨著太陽直射區位置北移，高海溫區位置和空氣輻合帶也同時往北移動，這也讓赤道附近的東南信風增強，赤道東大西洋海表面溫度開始下降，並從赤道南側的非洲沿岸一路向西延伸到西經 20°附近，形成一條相對低溫 (低於 25°C) 的區域，稱為「大西洋冷舌」(Atlantic cold tongue)。由於大西洋西側仍維持溫暖的狀態，最終形成明顯的東西向溫度差 (即東西向海表面溫度梯度大) (圖 1 下)，也增強了海洋與非洲大陸之間的熱力對比，進而影響西非季風的發展。

圖 1

北半球春季 ( 3-5 月 · MAM ) 與夏季 ( 6-8 月 · JJA ) 熱帶大西洋氣候平均狀態



註：

背景顏色為海水表面溫度 ( sea surface temperature, SST ; 單位 : °C ) ; 箭頭代表近地面 10 公尺風場 ( 單位 : 公尺/秒 ) ; 右上角的數字 5 以及下方的小箭頭代表風標單位長度相對應的風速大小 , 即圖中箭頭的長度若與該基準箭頭一致 , 則代表該處的平均風速為 5 公尺/秒。

本圖來源 : [https://www.jamstec.go.jp/aplinfo/climate/?page\\_id=1566](https://www.jamstec.go.jp/aplinfo/climate/?page_id=1566)

為什麼會出現這樣的溫度分布特徵？其實與熱帶大西洋近地面風場由東往西吹送有關，結果會造成暖水團（water masses）往西岸移動，並在南美洲沿岸堆積，連帶讓大西洋赤道區東側的海水，由較冷的次表層往表層方向流動，形成湧升流，導致東側海水表面溫度偏低。

## 何謂「大西洋聖嬰／大西洋反聖嬰」？

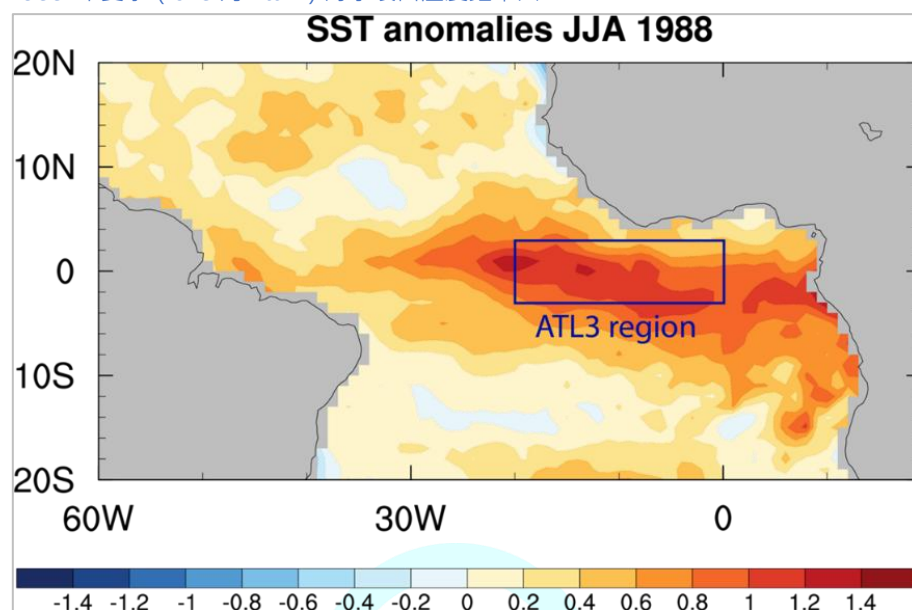
由上一段的季節循環特徵說明可以清楚知道：夏季時，熱帶大西洋海域海水表面溫度所呈現出來最重要的特徵，就是東側與西側有明顯的差異，其中西側海水表面溫度明顯高於東側，熱帶東風扮演關鍵角色。那麼大西洋聖嬰/大西洋反聖嬰現象指的又是什麼呢？

所謂「大西洋聖嬰現象」，指的是每隔數年發生在赤道東大西洋，海水表面溫度異常升高的現象，屬於暖事件，是一種低頻的熱帶氣候變化型態。該名詞於 1980 年代被提出，特徵與眾所周知的熱帶太平洋聖嬰現象（El Niño）非常相似，不過所涵蓋的範圍較小、振幅也比太平洋聖嬰弱，海水表面溫度變化更是集中在赤道附近，所以有人戲稱他是「聖嬰小兄弟」（El Niño's little brother 或 El Hermanito）。不過也有學者認為，使用大西洋緯向模態，也就是大西洋赤道地區，海水表面溫度呈現東西方向差異變化的氣候模態，來形容這樣的現象會更貼切；與太平洋反聖嬰現象相似的冷事件，則稱為「大西洋反聖嬰」。

某些年份（圖 2），熱帶大西洋近地面的東風會減弱，使得赤道海洋環流和大西洋東側的湧升流變弱，冷卻作用也隨之減弱。這結果會造成赤道東大西洋的海水表面溫度升高，當升溫幅度大於氣候平均值  $0.5^{\circ}\text{C}$  甚至  $1^{\circ}\text{C}$  時，就會被視為是一場暖事件或稱為「大西洋聖嬰事件」。同樣地，在其他年份，若是東風增強，那麼會讓赤道海洋環流與湧升流變得更強，冷卻效應也更加明顯，當赤道東大西洋的海水表面溫度低於氣候平均值時（即海溫距平 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 以上），就可以被定義為冷事件或稱為「大西洋反聖嬰事件」。

圖 2

1988 年夏季 ( 6-8 月 · JJA ) 海水表面溫度距平圖



註：

1988 年為相對強烈的大西洋聖嬰事件。藍色方框所標示的 ATL3 ( Atlantic 3 ) 區域為常用於監測大西洋聖嬰事件的指標海域，位置位於大西洋冷舌區 ( 20°W-0°、3°S-3°N )，透過計算該區域範圍內的海水表面溫度距平值，可以描述赤道大西洋的海溫變化狀態，該數值也稱為 ATL3 指數。

本圖來源：<https://www.clivar.org/content/atlantic-what-they-used-be>

為了掌握大西洋赤道區海水溫度的長期變化，學者透過資料分析，嘗試將海溫變化敏感區 ( 3°S-3°N，20°W-0° ) 視為指標海域，藉由計算該區域範圍內的海水表面溫度平均值，定義為「大西洋聖嬰指標」，並稱為 Atlantic 3 (ATL3) 指數 (Zebiak, 1993)。只取南北緯 3 度之間，是因為大西洋海盆較太平洋小，在這個緯度範圍內，有最穩定且顯著的變化，同時不容易被其他低頻振盪訊號所干擾。

## 大西洋聖嬰與太平洋聖嬰有何差別？

太平洋聖嬰與大西洋聖嬰都具有季節到年際時間尺度的變化特徵，差異性呢？大致上我們可以從以下幾個面向進行討論。

### 一、海水表面溫度異常所涵蓋的範圍

由於大西洋海盆赤道區的寬度大約只有太平洋赤道區的三分之一。所以從東西向寬度來看，大西洋暖海溫區域範圍，大約也僅是太平洋對應區域範圍的三分之一，規模明顯偏小。

## 二、海水表面溫度異常幅度

當太平洋聖嬰現象達到成熟時，指標海域的海水表面溫度可比氣候平均值高出 3°C 以上。相較之下，大西洋聖嬰現象達到成熟時，增溫幅度通常僅約 1°C。這也說明了，太平洋海域所發生的聖嬰現象強度明顯高於大西洋。

## 三、大氣—海洋交互作用的強度差別

大西洋的大氣—海洋交互作用強度，一般被認為較弱，也就是在相同的海溫異常條件下，在大西洋所引起的風場反應，通常要比在太平洋來得弱，這也是大西洋聖嬰強度為何較弱的可能原因之一。

## 四、事件演變與強度達到最強時間

太平洋聖嬰事件通常會在北半球春末夏初時開始發展，秋冬季達到成熟，並於翌年春季開始減弱，維持一至兩年的時間。大西洋聖嬰事件則明顯不同，它的發展通常是在北半球春季（3–5 月，MAM）展開，夏季（6–8 月，JJA）時強度達到最強，秋季就會逐漸減弱（圖 3a），持續時間僅數個月。不僅僅是持續時間沒有太平洋聖嬰事件來得長，對應季節的時序演變也完全不同。

## 五、變化週期

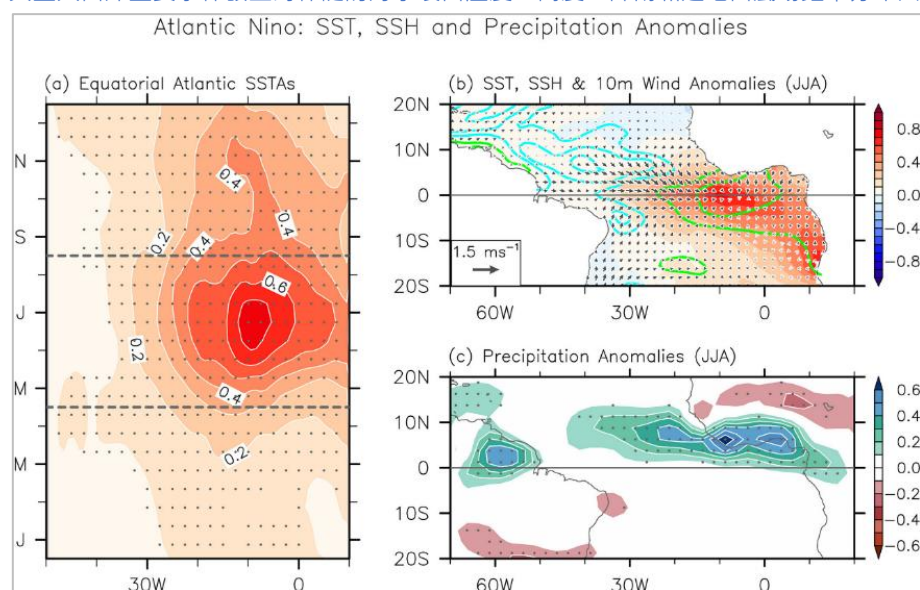
太平洋聖嬰事件是一個伴隨 2–7 年時間尺度的準週期性低頻振盪現象，但是大西洋聖嬰事件的變化週期，目前仍不是太明確。

## 大西洋聖嬰事件會帶來什麼影響？

大西洋聖嬰事件通常發生在太平洋聖嬰事件發展相對不活躍的夏季，持續時間較短、強度也比不上太平洋聖嬰，對於氣候的影響相對溫和，範圍也以區域尺度為主，不過有研究指出，它可以藉由大氣環流的遙相關，來影響更遙遠的地方。舉例來說，當發生大西洋聖嬰事件時，鄰近的西非夏季季風運行規律可能被打亂，同時大西洋間熱帶輻合區（Atlantic intertropical convergence zone，ITCZ）的對流和降雨強度會增強，並往南偏移，這結果會導致南美洲東北部和幾內亞灣沿岸的西非國家洪水發生頻率提高（圖 3c）（Vallès - Casanova et al., 2020），北方的薩赫爾（Sahel）地區降雨則減少。另外，夏季大西洋增溫的結果，有可能同步增強太平洋赤道區的東西向沃克環流（Pacific Walker circulation），間接導致接下來的冬季於太平洋發展出反聖嬰現象。

圖 3

典型大西洋聖嬰事件發生時伴隨的海水表面溫度、高度、降雨和近地面風場距平分布圖



註：

1. (a) 為典型大西洋聖嬰事件發生時，赤道大西洋海水表面溫度距平 (SSTA) 之時間-經度圖，緯度範圍選取 3°S-3°N，時間從 1 月開始至 12 月。經由統計檢定信心水準達 99% 以上之海溫距平值以灰點標示。
2. (b) 為北半球夏季 (6-8 月，JJA) 熱帶大西洋海水表面溫度距平值 (色階)、海面高度距平值 (SSH，等值線) 以及 10 公尺高度風場距平值 (風標)。海面高度距平值中的綠色等值線代表正值，水藍色代表負值。
3. (c) 為北半球夏季降水距平值。經由統計檢定信心水準達 95% 以上的降水距平以灰點標示。
4. 海表面溫度、海表面高度、10 公尺風場和降水的單位分別為 °C、公分、公尺/秒、毫米/日。圖 (b) 中的海面高度距平等值線間距為 0.5 公分。

本圖來源：Vallès-Casanova et al., 2020, Fig1.

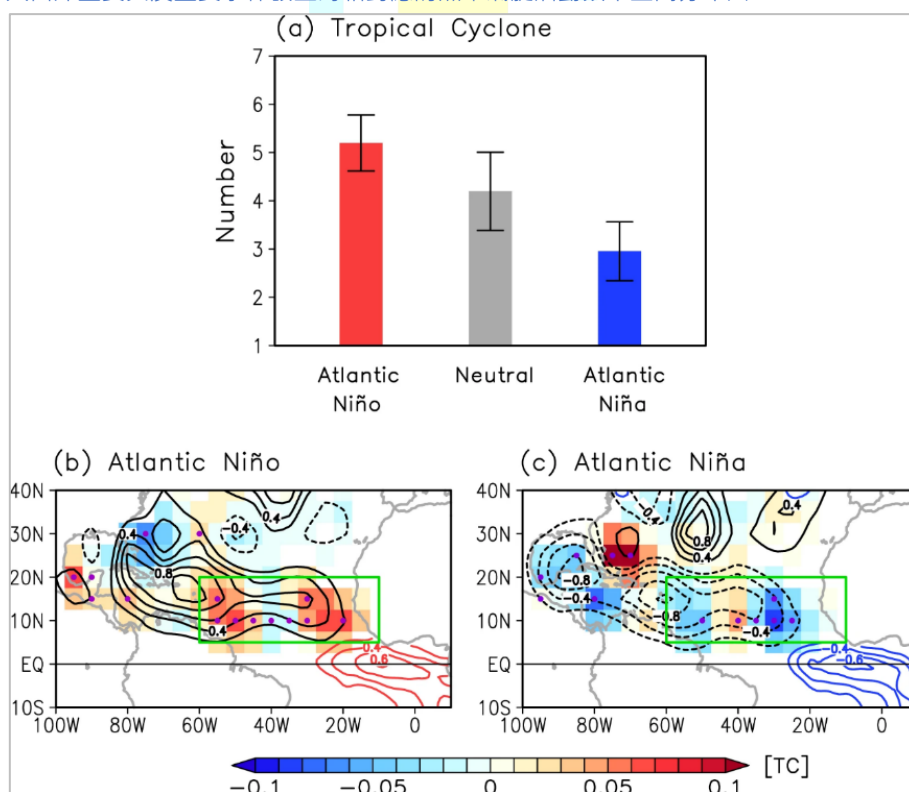
由於大西洋聖嬰事件在發展過程中，強度達到成熟的時間點正好落在夏季，此與大西洋颶風季的時間重疊，因此有學者開始思索，大西洋颶風的形成與發展，是否會受到大西洋聖嬰事件的影響。以暖事件為例，當熱帶東大西洋區域的海水溫度上升時，會讓大西洋 ITCZ 增強、低層空氣的相對渦度 (旋轉度) 提升、非洲東風波 (African easterly waves) 變得更活躍。上述環境特徵的改變，提供了有利空氣上升的條件，有機會讓海面上的強對流進一步發展成熱帶擾動、熱帶風暴甚至是颶風的可能性，結果將嚴重威脅加勒比海島國以及美國東南岸受熱帶氣旋衝擊的風險。

從影響過程來看，東大西洋升溫，會增強海洋的水氣蒸發效率，提供更多熱帶風暴發展所需要的能量，結果當然是讓對流系統的發展更為順利，也增加了熱帶氣旋形成的可能性。當然，也有學者認為，太平洋的聖嬰 (反聖嬰) 事件對於大西洋颶風的影響，可能會比大西洋本身的聖嬰/反聖嬰事件影響來得大。

奠基於前人研究所建立的大西洋聖嬰與大西洋 ITCZ 強度、西非夏季季風降雨三者之間的關聯。學者進一步探討對大西洋熱帶氣旋可能帶來的影響 (Kim et al., 2023)。在大西洋聖嬰現象發生期間的夏秋季 (6-11 月)，北大西洋 (60°W-10°W、5°N-20°N) 生成的熱帶氣旋數量明顯較多，平均每年可達 5.1 個，而在大西洋反聖嬰年則相對偏少，平均每年僅 2.9 個 (圖 4a)。這結果也說明了，赤道東大西洋的海表面溫度異常，會影響大西洋熱帶氣旋的生成頻率。

檢視熱帶氣旋的生成和路徑於空間上的分布差異發現 (圖 4b、c)，在大西洋聖嬰年期間，熱帶氣旋生成於加勒比海以及北大西洋的頻率是增加的，尤其是北大西洋東側 (西經 40°以東)，而大西洋西北側 (北緯 20°-30°) 則呈現減少趨勢。路徑部分，往西北西方向移動的機率明顯增加，這也意味著登陸加勒比海島國以及美國佛羅里達的可能性將會提高。相反地，在大西洋反聖嬰年期間，熱帶氣旋於墨西哥灣、加勒比海及北大西洋的生成數量將會減少，大西洋西北側 (北緯 20°-30°) 則略有增加，結果也導致墨西哥灣、加勒比海以及北大西洋受到熱帶氣旋影響的機率將會下降。

圖 4  
大西洋聖嬰與反聖嬰事件發生時相對應的熱帶氣旋活動頻率空間分布圖



註：

1. (a) 為北大西洋 (60°W–10°W、5°N–20°N；圖 b 和 c 中的綠色方框) 於大西洋聖嬰年 (紅色柱)、中性年 (灰色柱) 與大西洋反聖嬰年 (藍色柱) 期間，6–11 月熱帶氣旋生成數量統計圖。誤差線代表統計檢定達到 95% 信心水準的值。
2. (b) 與 (c) 分別為大西洋聖嬰年與大西洋反聖嬰年期間，熱帶氣旋特性與海溫合成分布圖。背景顏色為熱帶氣旋生成個數 (單位：個/年)、黑色等值線代表熱帶氣旋通過頻率密度 (間距為 0.2 個 TC/年)、紅色與藍色等值線代表海表面溫度 (等值線間距為 0.2K)、紫色點表示熱帶氣旋生成距平值在統計檢定達到 95% 信心水準的區域。另外，熱帶氣旋生成與路徑密度已進行空間平滑處理。

本圖來源：[Kim et al., 2023, Fig1.](#)

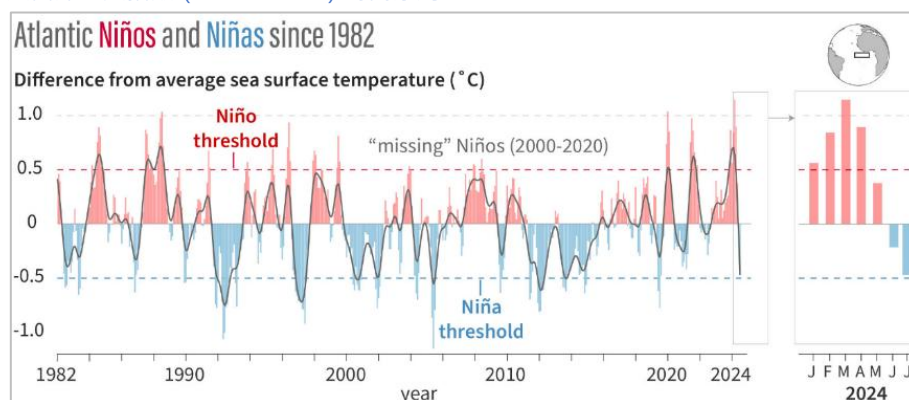
## 近期大西洋聖嬰事件有什麼變化？

雖然在 1970 年代以前，大家對於大西洋聖嬰現象仍處於無知的狀態，但近期有學者依據新的海水表面溫度重建資料，重新分析 ATL3 指數後發現，相對強的大西洋聖嬰事件主要發生在 1950–1960 年代，尤其以 1963 年的暖事件最具代表性，該個案增溫幅度達到 1.5°C，且持續將近一年的時間，規模幾乎可堪比於太平洋聖嬰事件。雖然之後的強度沒有先前那麼極端，不過 1980 與 1990 年代仍維持一定的活躍度。

然而，自 2000 年開始，大部分的時間幾乎看不到大西洋聖嬰事件再次出現 (圖 5)，直到 2019 年末才又開始活躍起來。該次事件不僅強度異常，發生的季節也與過去有所不同。一般而言，大西洋聖嬰事件會在北半球春季 (3–5 月) 開始發展，夏季 (6–8 月) 達到成熟，隨後的秋季 (9–11 月) 則逐漸減弱。但 2019 年的暖事件卻是在秋季後期才開始發展起來 (圖 6)。雖然文獻中曾記錄過晚秋事件，但這類事件的強度通常會比夏季弱很多。

圖 5

大西洋聖嬰指數 (ATL3 index) 時間序列



註：

1. 左圖為 1982 年 1 月至 2024 年 7 月，月平均 ATL3 指數隨時間變化圖 (已移除長期暖化趨勢訊號)。圖中顯示 2024 年的大西洋聖嬰事件是自 1982 年以來最強的一次。紅色柱狀代表 ATL3 指數為正 (偏暖)，藍色柱狀代表 ATL3 指數為負 (偏冷)，紅色

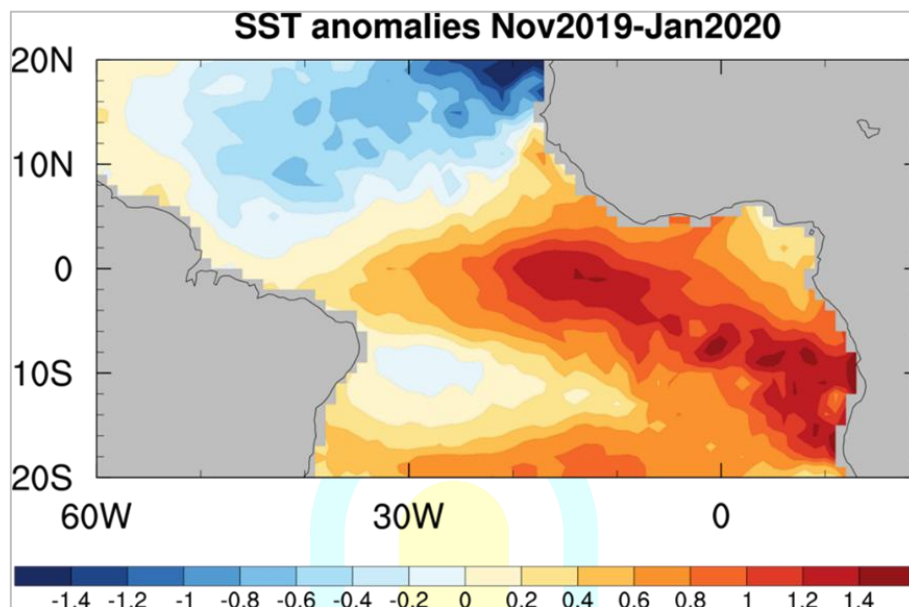
水平虛線為暖事件的臨界值( $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ )，藍色水平虛線則為冷事件的臨界值( $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ )。

2. 右圖為 2024 年 1-7 月，ATL3 指數隨時間變化圖。

本圖來源：<https://www.climate.gov/media/16295>

圖 6

2019 年 11 月至 2020 年 1 月平均之海水表面溫度距平圖



註：

此為自 1980 年以來強度最強的大西洋聖嬰事件，該季節本應是大西洋聖嬰事件消散時期，但該個案反而在冬季時強度達到最強，堪比太平洋聖嬰事件。

本圖來源：<https://www.clivar.org/content/atlantic-ni%C3%B1os-aren%E2%80%99t-what-they-used-be>

就在 2019 年事件發生後不到一年半，2021 年夏季又出現了破紀錄的暖事件，如此強度的雙峰事件在過去的觀測紀錄中未曾出現過。2024 年初，赤道東大西洋於 2-4 月間又出現了極端高的海表面溫度，當時所量測到的溫度值超過攝氏 30 度，可說是自 1982 年有衛星觀測資料以來最強的暖事件。同樣引人注意的是，該區域海溫於春季的極端增暖後（正值），快速地於夏季轉為偏冷（負值），這也是過去所有的觀測紀錄中，未曾出現過的，自然也吸引到一些學者的關注。

## 結語

過去當大家提到聖嬰與反聖嬰現象時，聯想到的基本上都是發生在太平洋海盆，赤道中至東太平洋海水表面溫度異常升溫的事件。然而從近期一些研究也可以發現到，有越來越多的文章，開始聚焦討論發生在大西洋的聖嬰事件。名氣雖然不如太平洋聖嬰/反聖嬰，影響層面現階段仍認為以區域氣候為主，不過在未來暖化情境下會如何發展以及對區域氣候甚至全球帶來何種影響，還是值得我們持續關注。

## 參考文獻

- Kim, D., Lee, S.-K., Lopez, H., Foltz, G. R., Wen, C., West, R., & Dunion, J. (2023) . Increase in Cape Verde hurricanes during Atlantic Niño. *Nature Communications*, 14, 3704. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39467-5>
- Vallès-Casanova, I., Lee, S.-K., Foltz, G. R., & Pelegrí, J. L. (2020) . On the spatiotemporal diversity of Atlantic Niño and associated rainfall variability over West Africa and South America. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL087108. <https://doi.org/10.1029/2020GL087108>
- Zebiak, S. E. (1993) . Air-sea interaction in the equatorial Atlantic region. *Journal of Climate*, 6, 1567–1586. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1993\)006<1567:AIITEA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1993)006<1567:AIITEA>2.0.CO;2)

