



# 從聖嬰與反聖嬰現象 談海洋變遷

文、圖 | 盧孟明 | 中央氣象局氣象科技中心

## 變色的聖誕

「聖嬰現象」原名El Niño，是西班牙文中「小男孩」的意思，和小嬰孩「耶穌」同字。每年聖誕節左右，有一道暖流從赤道太平洋向東流到南美洲厄瓜多和秘魯沿海，使終年寒冷的秘魯沿岸湧升流短暫減弱。當地漁民為這股暖流取名「聖嬰」，想必是歡迎他的到來。有些年的暖流特別強盛，使原本乾燥的地方降下甘霖，沙礫之地長出青草，高山上比較大的雨勢還會帶下各式各樣的瓜果植物到海邊，這猶如上天賜下的聖誕禮物。

隨著時代的改變，原本受歡迎的聖誕禮物漸漸不再帶來歡樂。歐洲化學家在十九世紀初期發現鳥糞中含有豐富的氮、磷、鉀，是最理想的有機肥，使海鳥喜歡棲息

的秘魯，在十九世紀中期發展成歐洲和美國市場的最大鳥糞供應國。秘魯西岸適合採集鳥糞與當地的氣候條件密切相關。沿岸湧升流從深海帶上豐富的營養鹽，造成浮游生物與魚蝦等大量繁衍，讓海鳥的食物無匱乏之虞；乾燥的岩岸形成絕佳的鳥糞採集天然工場，得天獨厚的環境為秘魯帶進大量的財富。但，若遇到湧升流特別弱的「聖嬰年」，食物不足導致海鳥大量死亡，鳥糞收穫量大減，財富也隨之大量流失。秘魯除了是歐美市場的鳥糞主要供應地，也是沙丁魚的主要供應國。近海沙丁魚的捕獲量隨著湧升流減弱也大大的下降，對秘魯造成經濟上的雙重傷害，聖誕的歡樂為之變色。

## 風與海二重奏

廿世紀中葉以前，「聖嬰現象」一直被認為是南美州秘魯沿海的特殊現象，這種想法在西元1957年出現了重大的改變。1957年是聯合國世界氣象組織國際定出的「國際地球物理年」(International Geophysical Year, IGY)，人類歷史第一次的全球性同步觀測氣象行動在這一年開始，有67個國家一齊參加。

而1957年正巧是強聖嬰年，全球資料讓科學家發現「聖嬰」完全不是區域性的現象，異常溫暖的海水從秘魯西岸往西延伸到中太平洋，廣大的熱帶太平洋區域布滿了異常溫暖的海水。美國加州大學洛杉磯校區(UCLA)的畢雅克尼斯(Jacob Bjerknes)教授深深受到這個現象的震撼，經過多年研究，在1969年發表海洋與大氣交互作用理論解釋這個現象，到現在仍是聖嬰理論的基礎。

在了解聖嬰現象之前，必須先對大氣和海表面溫度的氣候特性有所認識。

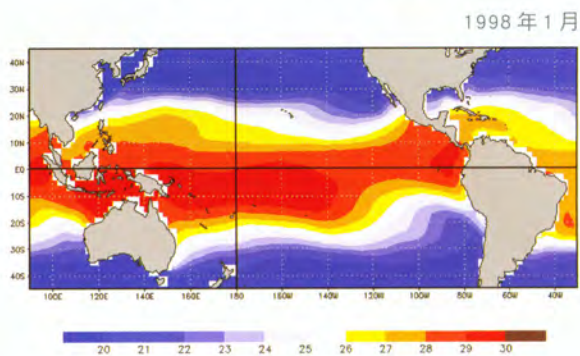
在北半球的冬季，印度洋和西太平洋上近地表的大氣低層氣流主要從北半球往南半球吹拂，東經180度以東的赤道太平洋上吹赤道東風，又稱「信風」，它的強度主要受到南北半球的太平洋副熱帶高壓控制。

北半球的夏季，因太陽直射北半球的時間較長，印度洋和西太平洋上近地表的大氣低層氣流轉為從南半球往北半球吹拂，赤道東風隨著北太平洋副熱帶高壓往西延伸，而在東太平洋沿岸區域受到中美洲陸地夏季加熱的影響，氣流從寒冷的南半球流向溫暖的北半球，秘魯沿海南風於是增強。

熱帶太平洋的海洋與大氣交互作用，尤其是對秘魯沿岸湧升流的影響很大。因為赤道上終年吹拂東風，不斷把太平洋的海水從東邊往西邊堆積，以致赤道太平洋靠近印尼

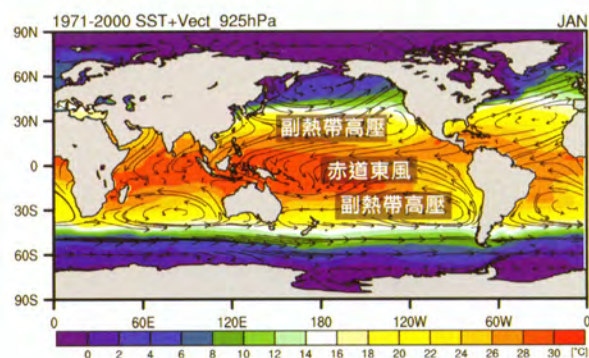
一帶的西端海面高度比東端的厄瓜多附近平均高出50公分左右，這種往西太平洋堆積的海水都是經由太陽長期輻射而吸收許多熱能的表層暖水，太平洋東端則會有較深層的冷

### 聖嬰年海表面溫度

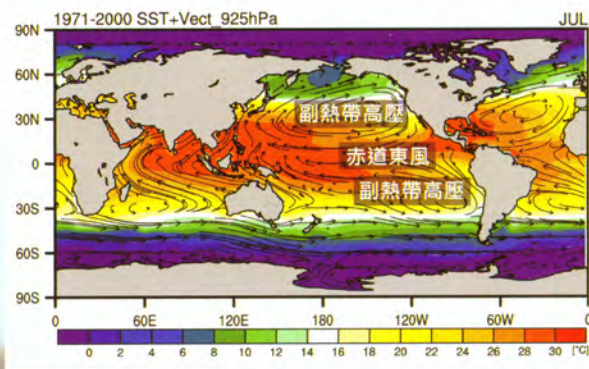


▲ 聖嬰年異常溫暖的海水從秘魯西岸往西延伸到中太平洋，廣大的熱帶太平洋區域布滿了異常溫暖的海水。

### 北半球的冬季氣象圖

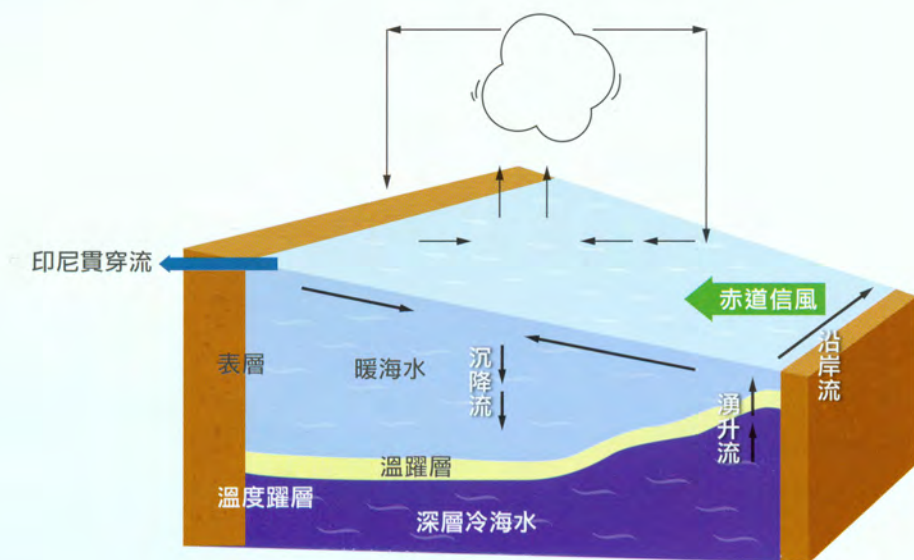


### 北半球的夏季氣象圖





### 熱帶太平洋的海洋與大氣交互作用



海水湧升上來平衡或補充離岸向西的海水，而使海表面溫度偏冷，這說明了為什麼赤道附近的太平洋西端海溫比東端平均高出約攝氏8度的原因。

西太平洋溫暖洋面上是大氣對流運動最活躍的地方，也是孕育颱風的溫床。活躍的西太平洋熱帶對流運動可加強中太平洋的赤道東風和西太平洋群島的西風，使西太平洋暖水區的沉降流加強，混合層加深，海表層溫度持續偏暖。熱帶太平洋西岸並沒有完全被陸地封閉，目前科學家還不能完全確定印尼貫穿流對太平洋海溫變異能造成多大的影響。

#### 聖嬰與反聖嬰現象曲

如果在一些赤道東風偏弱的特殊年，往西太平洋堆積的海水相對減少，赤道東太平洋混合層也隨之增厚，湧昇流受到壓抑，東太平洋尤其是秘魯沿岸的海表面溫度就會偏暖，如果偏暖的現象持續長達6個月，就表示

「聖嬰現象」已發生了。

聖嬰現象的高峰往往發生在北半球冬季，也就是海溫受到赤道東風影響比較大的季節，發生時赤道對流系統發展區域隨異常海溫往東偏移，原本對流比較旺盛的印尼和澳洲近赤道區域的對流活動下降，雨量減少；對流比較不活躍的東太平洋一帶反而活躍起來，雨量增多。

在赤道東風偏強的特殊年份，帶往西太平洋的海水相對增加，導致赤道東太平洋湧昇流加強，海表面溫度尤其是秘魯沿岸明顯下降，若是偏冷現象持續達6個月，就表示有「反聖嬰現象」發生。

「反聖嬰現象」原名La Niña，是西班牙文「小女孩」的意思，和El Niño是同意異性的名詞，她是近代科學家為了敘述方便而自定的名詞。中文的名詞沒有性別差異，因此難以直接翻譯。「反聖嬰」是根據西方科學家曾用過的anti-El Niño一詞翻譯，但是anti-El

Niño因在媒體上出現後遭宗教人士反對，現在已不再用。除了「聖嬰」與「反聖嬰」以外，中文也有「艾尼」與「艾尼娜」的譯法，比較符合原本陽性與陰性的相對意思。

### 長短調的迴旋

廿世紀八〇年代以前衛星資料還比較缺乏，海溫觀測記錄既少又短，科學家觀察到的「聖嬰」與「反聖嬰」個案不多，認為這兩種現象是單獨發生的個別事件。隨著觀測資料增多，才漸漸發現它們並非單獨存在，而是地球氣候系統中海洋與大氣互相影響產生振盪的兩極。

用以辨識聖嬰與反聖嬰現象的海表面溫度主要有三個指標：Nino1+2、Nino3、

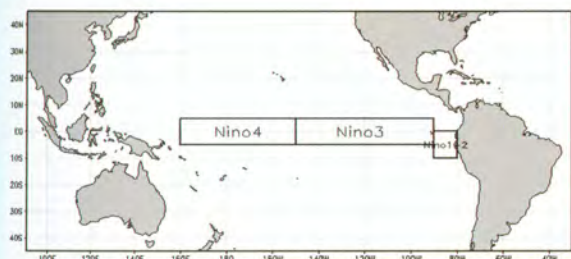
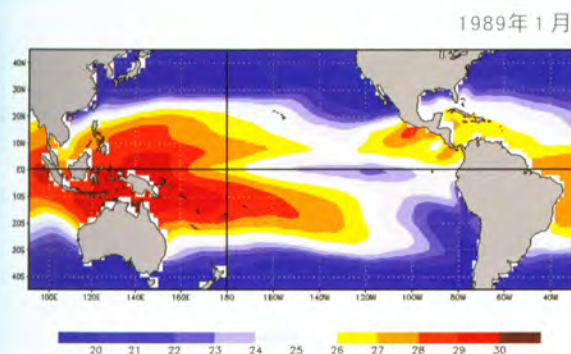
Nino4，分別代表的平均海溫區域範圍標示。最近卅年的指標變異特性特徵不盡相同，只有氣候上的強聖嬰或強反聖嬰事件，指標之間才有比較高的一致性。

下頁圖是1980年1月以來，以Nino1+2為代表的秘魯沿岸海溫變化，另外根據Nino3與Nino4判斷達到「聖嬰」與「反聖嬰」標準的年份，分別用「E」與「L」標示在圖的底部。我們看到從1982年下半年至1983年上半年還有從1997下半年至1998年上半年這兩段期間有強聖嬰事件發生，其中1997至98之事件是上個世紀最強的一次，有「世紀聖嬰」之稱。Nino1+2在1999年之後的十年普遍偏冷，從2007下半年至2008年上半年的反聖嬰事件最強。以Nino3與Nino4來看，在2001至2008年之間有三次聖嬰事件發生，約兩年發生一次，前圖顯示這三次事件對Nino1+2卻沒有太大的影響。圖中也表現出「聖嬰」與「反聖嬰」是不規則的振盪，1982至1998的16年當中有四次強聖嬰，與聖嬰的四年基本周期相符；1999年的前後十年差異明顯，表示聖嬰現象還有更緩慢的變化特性，而2001至2008年又可看到周期兩年左右的快速變化。地球氣候系統中眾多時間與空間尺度系統彼此影響，形成了這些長短快慢不一的豐富變化。

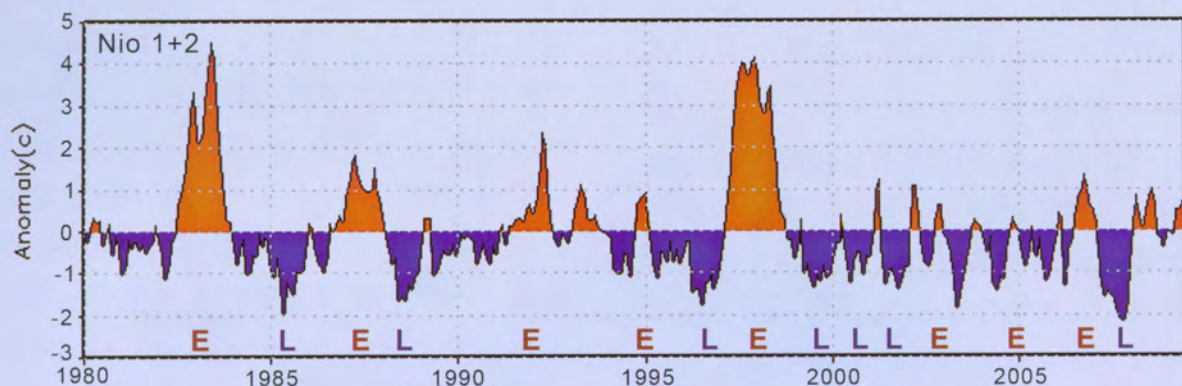
西元1986年美國哥倫比亞大學的馬克·凱恩（Mark Cane）和史蒂夫·茲比亞克（Steve Zebiak）教授，利用一個簡化的大氣海洋耦合模式成功地預測到六個月之後發生的1986年El Niño，可謂是利用數值模式預測短期氣候變異的濫觴。

接下來的廿餘年至今，氣候預測快速發展，研究結果顯示目前科學上確實能在六個月以前預測聖嬰是否會發生，但是對較精確的發生月份、位置與強度都還不能掌握，對

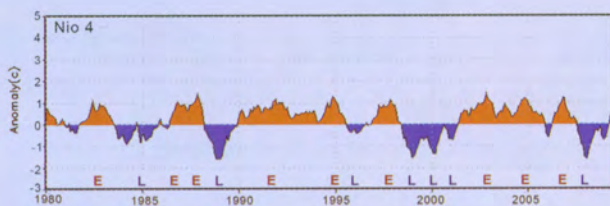
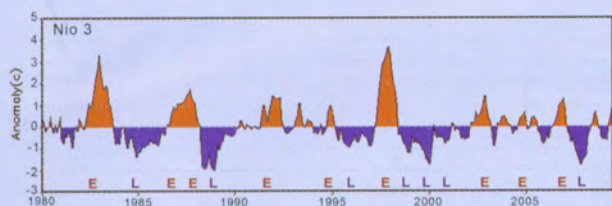
反聖嬰年之海表面溫度



▲ 用以辨識「聖嬰」與「反聖嬰」現象的海表面溫度指標區域範圍，Nino1+2的緯度與經度範圍分別為（0-10°S）與（90°W-80°W），Nino3為（5°N-5°S）與（150°W-90°W），Nino4為（5°N-5°S）與（160°E-150°W）。



Data updated through July 2009



▲ 西元1980年1月至2009年7月Nino1+2的變化，其中按照Nino3與Nino4判斷達到「聖嬰年」與「反聖嬰年」標準者，分別用「E」與「L」標示在圖的底部。

於「聖嬰」和「反聖嬰」振盪現象交替出現的時空特性，更是完全沒有模擬的能力。

從珊瑚岩芯和樹輪紀錄可用氣候替代指標重建一千年的聖嬰歷史。以不同的推估方法獲得的結果有當全球平均溫度愈高時則聖嬰現象愈明顯的共同特徵。數值模式模擬研究也發現，聖嬰對地球接受的太陽輻射量和空氣中火山灰的濃度相當敏感。太陽輻射愈強，海洋儲存的熱能就愈多，太平洋西端和東端的溫度差異愈大，西太平洋的熱帶對流和赤道東風都會變得更強，因此有助於聖嬰現象的維持。

### 聖誕新樂章

西元1983年的強聖嬰事件，開啓了現代

動力氣候學的新樂章。那一年，不但世界多處發生水災、旱災、風災等等極端的天氣事件，造成重大經濟損失；並且科學家發現，這次事件的異常溫暖海水並不是從秘魯沿海開始往中太平洋傳遞，而是從赤道太平洋中間開始向東岸推展，顛覆了當時的聖嬰理論。

這一次經驗突顯出海上觀測資料的不足，以及對聖嬰現象的認識和理解都還很淺薄。

從1985年開始，國際間展開了為期十年但影響深遠的熱帶海洋全球大氣觀測計畫，簡稱為「TOGA」，特別佈設熱帶海洋大氣浮標觀測陣列（TAO），建立了由海洋浮標、船

舶、潮位站、衛星等儀器組成的觀測網，對熱帶太平洋的海洋和大氣進行密切監視。因為觀測範圍以熱帶太平洋為主，又稱為「聖嬰現象觀測網」。TOGA與TAO觀測陣列對聖嬰現象的研究與預測，發揮了極大的提升作用，使聖嬰與反聖嬰的出現沒有意外，至少在三個月之前就可以相當準確的預測事件的發生，「他」與「她」的成長歷程，都在科學家的緊密觀察中進行。

雖然如此，目前科技對海溫異常的程度和天氣與氣候受影響的程度，都還不能準確地預測。

人類還不認識聖嬰現象時，他的出現對秘魯而言有如歷經了從上天而來的祝福與懲罰，這個情況在西元1983年有了轉變。

秘魯政府從1983年11月開始嘗試利用氣候預測資訊調整作物耕種計畫，如果未來傾向偏乾就增加耐旱的棉花、減少需要水的稻作，如果預測偏濕，就做反向的調整，實施之後發現大大降低了氣候異常所造成的經濟

損失。

聖嬰與反聖嬰並不是氣候上的「異常」現象。在工業革命以前，這個現象就已經存在，一些研究結果顯示一千年來最強與最頻繁的聖嬰事件，可能出現在十七世紀中葉，那時的聖嬰規模比1997年的「世紀聖嬰」更強。「聖嬰」與「反聖嬰」是地球氣候系統中海洋與大氣互相影響產生振盪的兩極。

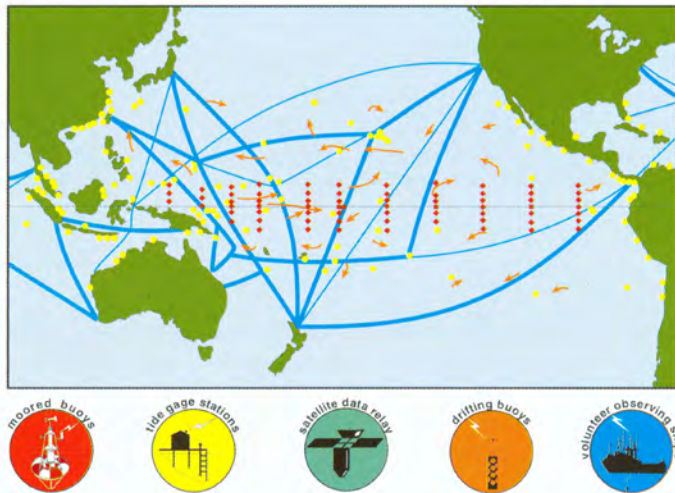
目前科學上對聖嬰的了解還不夠，唯有加強包含海洋與大氣的氣候系統研究，把可用的知識化為氣候預測與應用，才可以減少災害，增進人類福祉。

◆ 相關文章請參閱—高雄市政府海洋局·年度專輯出版

《海洋傳誌》「全球暖化、海平面上升 全球浩劫！」（作者／劉金源、楊士鋒）  
2007年

《海洋新世紀》「人類生機？還是再一次的海洋生態浩劫？」（作者／方力行）  
2008年

### 海洋大氣觀測系統 ENSO Observing System



▲ 熱帶海洋大氣觀測網，又稱聖嬰現象（ENSO）觀測網。