



趙丰曾任美國航太總署哥達德太空飛行中心的太空測地實驗室主任、中央大學地球科學院院長，現任中央研究院地球科學研究所所長；研究專長為地球與行星動力學、重力學、地球物理與地震學等。

聖嬰聖女：一樣頑皮兩樣情

這一對家世不詳、秉性相遠的頑皮小兄妹，無預警地輪番上陣，東、西擺盪；來由它，去由它，料不著，管不住。

這幾年來，任何有關天氣的消息，一律被記者順口冠上來路不明的一句：「由於全球暖化……」若干年前，在全球暖化還沒淪為開場白以前，常聽到的往往是「由於今年的聖嬰現象……」

聖嬰現象，某種大規模的氣候異常，人人都聽說過，可是十有八九卻道不出個所以然來。

首先：為什麼有這麼奇特的名稱？話說100多年前，南美洲西側，太平洋赤道帶沿岸的居民就已注意到：每年在耶誕節前後，近海會出現暖流，但隔個3~7年不等，海水會突然變得超暖（可多出達1~3℃），歷時一年左右，這段期間海裡魚獲大減，同時當地霖雨連連。這異常的氣候現象被不明所以的當地居民以「El Niño」綽號之，是西班牙文「男孩」之意，代指男嬰耶穌的誕生，後來沿用下來成為國際的正式名稱。這名詞很難翻譯得恰當，聖嬰是台灣取的意譯名稱，中國大陸上則使用音譯「艾爾尼諾」。這是發生在大海裡的事兒。

差不多同時，1904年英國科學家華克（Gilbert Walker, 1868~1958）上任英屬印度氣象署主任。他研究亞洲的季風，發現橫跨兩萬公里的太平洋熱帶區，氣壓、溫度、雨量等氣候觀測量，雖然在時間上並沒有週期性的規律，但東、西兩半部卻總是你高我低、我高你低地來回擺盪，有著翹翹板一般的行為；他管這現象叫南方振盪（southern oscillation），從而提出在該區帶的大環流概念，後人稱之

為「華克環流」。這是發生在大氣裡的事兒。

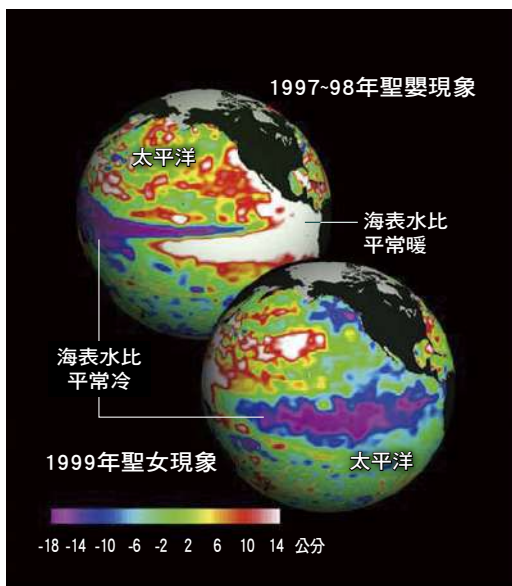
時間快轉到1960年代。憑著氣象數據的迅速增加，挪威氣象學家別克尼斯（Jacob Bjerknes, 1897~1975）意識到：上述發生在大海裡、大氣裡的兩件事兒息息相關，實是一體的兩面。南方振盪「正常」時期華克環流強，海面的信風（是東風）也就強，海水被吹得稍微西高東低，表面的溫水層也是西厚東薄；東邊靠南美的深層冷水湧升流來補充，湧升流富含營養鹽，因此在該處孕育了世界數一數二的大漁場。

可是不知什麼原因，每隔3~7年，不定期會發生華克環流疲軟、信風減弱的情況，東半部海水增溫、湧升流不再，漁場跟著消失，雨量則大增，所以前述南美海濱居民所見所歷，只是冰山一角而已。同時西半側則海水降溫、發生乾旱（見左圖）。整個海洋、大氣的異常時期歷時短則大半年、長則一年多才結束。

這就是聖嬰現象啦。海洋、大氣在整個過程中扮演的角色，也不知誰是雞誰是蛋、是雞生蛋還是蛋生雞；只知兩者相生的正回饋階段是聖嬰的產生、壯大期，繼之以相剋的負回饋階段是減弱、消亡期。聖嬰現象連動的氣

候影響範圍，超越熱帶到達亞熱帶（台灣當然躲不掉）、甚至溫帶，還往往直搗印度洋，涵蓋幾乎半個地球！

1982~83年的那一場聖嬰現象，在當年是史上最強烈、最嚴重的一次，它驚醒了人類，聖嬰這名詞也隨即進入了尋常百姓家。後來，又一場特強的聖嬰現象發生在



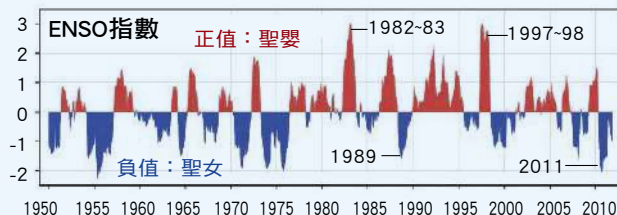
衛星遙測海平面高度，顯示海表水的冷暖異常分佈；上圖是1997-98年聖嬰現象極盛期，下為後續的1999年聖女極盛期。

地 科 教 室

邇來科學界採聖嬰 - 南方振盪 (El Niño-Southern Oscillation) 的字頭，創出一個正式「定於一」的科學新名詞：ENSO，希望從歷史窠臼中脫胎換骨，獨立出新的思維來。整體而言，ENSO就是那個存在於整個太平洋熱帶的「年際」氣候系統，在大氣裡呈現的是南方振盪，在大海裡呈現的是時而聖嬰、時而聖女的時空擺盪。秉此，ENSO已不刻意強調、區分何謂正常或異常了。(不是嗎？整個系統都是自然的、「正常」的呀！)

ENSO的強弱可用「ENSO指數」來代表。ENSO指數由氣壓、溫度、風場等科學數據綜合推算得出(取代過去的簡易「南方振盪指數」)；其正值反映聖嬰、負值反映聖女(見右上圖)。

ENSO可說是影響地球氣候僅次於季節的第二號幕後黑手，還似乎和太平洋裡大面積而緩慢的「旬年」振盪、以及最近受到重視的北極振盪有些牽扯。本文所描述是它直接的呈現，而它也間接影響到許多相關的有趣現象。例如一場聖嬰現象範圍內的增溫(估計相當於上看幾十萬顆超大型氫彈的能量)，反映到全球平均溫度的暫時性增加，



ENSO指數的變動情形：正、負值反映聖嬰、聖女現象發生的期間，可看出文中所提近年來最強烈的幾次。

連帶導致海平面因海表水熱膨脹而暫時上升；這些ENSO造成的擾動信號，都是迭加在人為上升和常規的季節性變化之上。

聖嬰的氣候異常也影響陸上、海上的植物光合作用量及海、氣交換，從而讓大氣中的二氧化碳含量暫時降低；聖女期間反之。ENSO產生的大規模的風場變化，則使大氣的總角動量略變，反映在日長的變化上(見2009年7月號〈地球自轉：漸慢板的樂章〉)——聖嬰現象最強的日子，每天會增長半至一毫秒；聖女期間則反之。

1997~98年，其嚴重程度不遑多讓。在無預警之下，每次聖嬰現象都大範圍的重創農、漁、林、牧業，導致大規模的自然災害(這頭澇那頭旱、森林大火等)，對全球的經濟衝擊和造成的損失，大到天文數字。生物圈裡，魚、鳥生態遭破壞，珊瑚礁大面積白化死亡，令人怵目驚心；甚至在人類社會曾引發疫疾，包括瘧疾、霍亂、登革熱等。不禁讓人推想，世界史裡的事件和進程，例如饑饉、疫疾、戰爭、革命等，會不會(至少一部份)曾經和聖嬰現象的發生有關聯？

還沒完。南方振盪從聖嬰期回復正常的過程中，往往竟會「衝過頭」！於是所有前述氣候現象倒轉，呈現另一極端的氣候異常，造成相應的災害和破壞，又得熬個大半年到一年多。科學界無以名之，原擬直接叫它「反聖嬰」(anti-El Niño)，但似乎不妥(豈不是反耶穌嗎？)，最後在「El Viejo」(老阿伯)和「La Niña」(女孩)中選擇了後者(本文裡稱之為聖女)。近年的特強聖女現象，發生於1989年和2010、2011連續兩年。

聖嬰或聖女的出現，一無規律，二無預警。人類可說是才剛「認識」到這對頑皮小兄妹的存在，距離「熟識」還

其路迢迢。問題在於它們太頑皮，是一個大型的非線性複雜系統，而我們又太驚鈍，電腦不夠強大、對物理機制了解不足，加上科學觀測時間還短、數據欠缺。誠然，如今人造衛星在天上遙測，各式儀器在海裡實測，大型電腦在實驗室裡日以繼夜地計算，科學家孜孜不倦決意將小兄妹的家世底細摸清楚。今天已能做到的是：它們一旦形成，我們基本上可以全程監視、即時掌握動態。但反過來需要慚愧、自我惕勵的是：我們畢竟對那個最關鍵的問題「聖嬰、聖女現象最先究竟是如何引發的？」還無法回答，更遑論預測、預防了。

同樣地，對於更重要的大哉問，今天的科學界亦苦無頭緒：全球氣候變遷之下，今後聖嬰和聖女現象的發生會因而改變嗎？是會更頻繁還是變少？變強還是變弱？發生的時段、地區會不會挪移？聖嬰、聖女現象會如何反過來影響全球氣候變遷的演化？全球增溫更劇時又會如何？(千萬不要誤信媒體以及名嘴「專家」的信口開河！)還有台灣很關心的：聖嬰和聖女現象的出現如何影響颱風的生成、孕育和路徑？

太多的未知，急迫地等待著我們的探索！

SA