

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科
佳作

051902

革凡登聖-臺灣地區登革熱好發與太平洋聖嬰現象之天氣因子變動關聯探討

學校名稱：桃園市立內壢高級中等學校

作者： 高二 戴芳蕾 高二 廖音琪	指導老師： 潘建熾 陳佩欣
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：臺灣登革熱好發、海洋聖嬰指數(ONI)、天氣因子變動

摘要

2023 至 2024 年臺灣登革熱病例激增，國際研究指出太平洋區聖嬰現象指數(ONI 與 SOI)與登革熱病例數具正相關，推測聖嬰影響氣溫及雨量，增加登革熱病媒蚊傳播。故分析臺灣登革熱病例數與聖嬰指數相關性，顯示 ONI 值 8 月至 2 月關聯性高，兩病媒蚊均具傳播貢獻，且主要病源為南部。

登革熱病例數與聖嬰期間天氣因子關聯，則以 8-10 月 ONI 值 1.7~1.9；8、9 月均溫 28~30 °C；

10 月雨量 0~50mm 為登革熱爆發最多的範圍。數據呈現 ONI 上升 1.0 南部 1 月氣溫可上升 0.28 °C，表明若聖嬰持續跨年，如 2023-2024，可使冬季溫度激升，病媒蚊持續生長，造成病例數激增，故政府更需重視聖嬰年冬季登革熱防治。

壹、前言

一、研究動機：

2023 年臺灣登革熱病例數大爆發，伴隨聖嬰現象發生。世界衛生組織的調查研究指出太平洋洲島國，14 個國家中有 10 個國家其聖嬰現象相關氣象學指數與登革熱病例數間有正相關性。聖嬰現象引發的氣候變化使得原本就潮溼溫暖的太平洋地區，氣溫更加溫暖，雨量更加豐沛，導致病媒蚊之大量繁殖，增加登革熱發生率。(衛生福利部疾病管制署網站，2002)。

除此之外，美國匹茲堡大學 Van Panhuis 博士團隊，收集台灣及東南亞等 8 國 18 年間 273 個省份共 350 萬筆每月登革熱病例監測資料，結合氣候及人口參數，利用時間空間動態分析方法，發現於 1997 年至 1998 年登革熱疫情擴散速度最快，與當時超級聖嬰現象帶來的東南亞氣候高溫吻合，證實高溫有助於病媒蚊快速繁殖及散播。(國家網路醫藥網站，2019)

2023 年台灣本土的登革熱病例數相較於 2016-2022 年，呈現大幅增加，總計約 1.7 萬(中央通訊社。2023)。其中傳染媒介為白線斑蚊以及埃及斑蚊兩種蚊子，兩種病媒蚊之比較如下表 1，而兩種病媒蚊產卵地多為死水以及不透風且無天敵的平靜積水處。(衛生福利部疾病管制署網頁，2001)

表 1、病媒蚊-白線斑蚊與埃及斑蚊比較

病媒蚊	白線斑蚊	埃及斑蚊
棲息地	室外	室內
活動時間	日間	黃昏、黎明
耐寒程度	高	低
蟲卵孵化耐旱程度	乾旱 6 個月以上仍可孵化	乾燥 3 個月仍可孵化
雌蚊	吸人血、哺乳動物血	吸人血
雄蚊	不吸人血以植物汁維生	不吸人血以植物汁維生
成蚊壽命(天)	雌:14 天、雄:15 天	雌:30 天、雄:15 天
吸血特性	單一對象，警覺性低	多個對象，警覺性高
傳播速度	慢	快
天敵	食蚊魚、水生昆蟲、壁虎、鳥類、蝙蝠、蜻蜓等	食蚊魚、水生昆蟲、壁虎、鳥類、蝙蝠、蜻蜓等

資料出處：此表由本團隊自行繪製(資料來自：屏東縣政府全球資訊網，2024；錢信帆、2024；陳易呈等，2019)

因此本團隊想利用計算臺灣各月分區登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)、南方震盪指數(SOI)之相關係數比較相關性，並觀察登革熱病例數異常多的月份是否也出現聖嬰，甚至強聖嬰，探討登革熱病例數與聖嬰指數的極端連動性，整合以上兩項找到關聯性，並推算趨勢。也藉分析聖嬰現象與臺灣分區之天氣因子相關性，探討聖嬰與登革熱盛行月份之特徵及變化趨勢。並嘗試利用病媒蚊生長習性，解釋聖嬰發生與登革熱傳播可能原因，找到病例數爆發之環境特徵。

二、研究目的：

- (一)以月為單位計算兩種聖嬰指數(海洋聖嬰指數 ONI、南方震盪指數 SOI)與臺灣登革熱病例數之相關係數，藉此比較何種指數與臺灣登革熱傳播較具相關性。
- (二)利用聖嬰指數與登革熱分區病例數的相關係數計算及檢視登革熱病例數異常多時是否發生聖嬰現象，藉此推知臺灣各地區登革熱病例數是否與聖嬰現象有關聯性(相關性+極端值連結)，並推算出聖嬰影響登革熱病例數增加之趨勢。
- (三)計算海洋聖嬰指數(ONI)與臺灣各區測站天氣因子相關係數，藉由達中度相關測站比例，找出聖嬰現象與臺灣各區天氣因子的相關性，包含氣溫、雨量、日照時數，並推算出聖嬰指數對天氣因子影響之趨勢。
- (四)藉由登革熱病例數與聖嬰發生時關聯性高的天氣因子，找出各月分區登革熱病例數異常多之特定氣象條件，並試圖用天氣因子變化預估登革熱病例數。
- (五)藉分析登革熱病例數異常時臺灣及各區縣市測站均溫/最高氣溫/最低氣溫數值，找出登革熱病例數異常多時之溫度分布趨勢，並與病媒蚊生活習性進行對比，找出登革熱最可能傳播氣溫分布。
- (六)針對臺灣登革熱起源地南部病例數異常多月份分析 ONI 指數、氣溫、雨量特徵，藉此推估病例數爆發條件。

貳、研究設備與資料來源

一、研究設備：

電腦一台、網路、excel 軟體、PHOTOIMPCT 軟體。

二、資料來源：(如表 2)

表 2、分析資料來源及擷取區間

項目	來源	擷取年份及數值區間	擷取內容
海洋聖嬰指數(ONI)	美國國家海洋及氣象總署(NOAA)網站	2008 年至 2024 年 2 月分月數值 (當月及前後兩月平均)	海洋聖嬰指數(ONI)數值
南方震盪指數(SOI)	NOAA 網站	2008 年至 2024 年 2 月分月數值	南方震盪指數(SOI)數值
氣象資料	中央氣象署網站	2008 年至 2024 年 2 月 分月測站數值	雨量、氣溫(均溫、最高、最低)、日照時數
各縣市登革熱病例數	衛福部傳染病統計資料查詢系統	2008 年至 2024 年 2 月 分月分縣市數值	登革熱各縣市病例數

參、研究過程及方法

一、研究原理及分區氣象測站數位置說明：

(一)常態分佈與極端值：

常態分布常用於大數據統計不明隨機變數，如圖 1。理論上常態分布下平均值即為最多數值分布點，相差一個標準差包含 68.27% 的案例數，相差兩個則是 95.45%，相差三個是 99.73%。本研究設定極端異常值為數值大於平均值±一個標準差，呈現特多或特少的狀態。如統計臺北市測站 2008 至 2023 年 8 月平均氣溫為 29.8°C，標準差為 0.6°C，則 30.4°C 以上氣溫稱為異常高溫；29.2°C 以下則異常低溫。

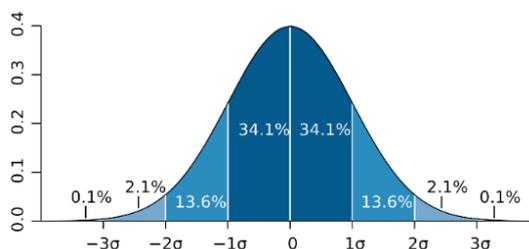


圖 1、常態分布曲線圖
(摘自：國立臺灣大學網站)

(二) 相關係數：

是一種相關程度的測量，在統計學上的意義是兩個變數之間的關係。正相關代表兩個獨立數值同時增加，或同時減少；負相關則為一增一減或一減一增。若將兩數值點入 XY 分布圖，呈現線性分布，則相關係數高；非線性分布則相關性低，如圖 2。若相關係數值介於 1.0 至 0.7 間為高度正相關，本研究將以紅色底(■)標示；介於 0.7 至 0.3 間為中度正相關，本研究將以黃色底(■)標示；介於 -0.7 至 -0.3 間為中度負相關，本研究將以綠色底(■)標示；介於 -1.0 至 -0.7 間為高度負相關，本研究將以藍色底(■)標示。如統計蘇澳 2008 至 2023 年 8 月氣溫與 ONI 指數相關係數為 0.71 為高度正相關，代表當 ONI 指數高時，相較蘇澳在 8 月份氣溫也較高。

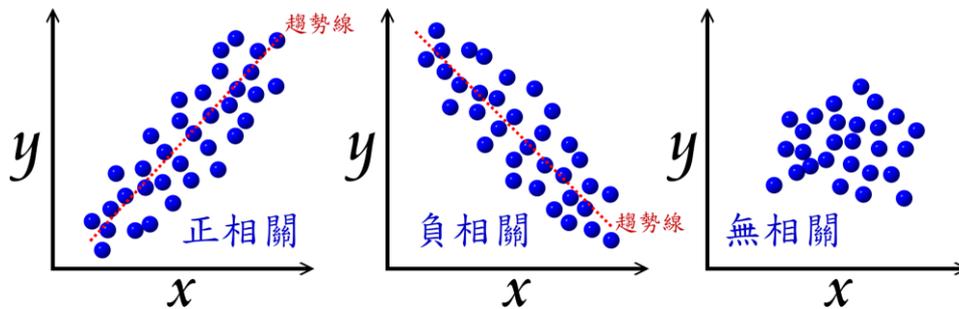


圖 2、相關性示意圖

(三) 趨勢線方程式與 R 平方值：

見圖 2 當兩獨立數值具有相關性時，可利用 EXCEL 軟體繪製趨勢線，若顯示公式為 $y=ax+b$ ，則 a 為斜率，若 $a>0$ 為正相關、 $a<0$ 為負相關。斜率 a 可代表當 x 增加 1.0 時 y 值的變化量，如若 x 為 ONI 值、 y 為登革熱病例數值， $y=10x+100$ ，當 ONI 值(x 值)增加 1.0，則登革熱病例數(y 值)增加 10 個病例數。

R 平方值與相關係數概念接近，但不同於相關係數數值可呈現正、負相關，介於 -1 到 +1 間。R 平方值數值介於 0 到 +1，越接近 +1，代表 XY 分布圖數值越接近趨勢線，即相關性越高。

(四) 氣象測站位置分區：

本研究分析 2008 年至 2023 年分月氣象資料(氣溫、雨量、日照時數)資料與海洋聖嬰指數(ONI)進行相關係數分析，測站位置及分區如圖 3，分區測站表如表 3。

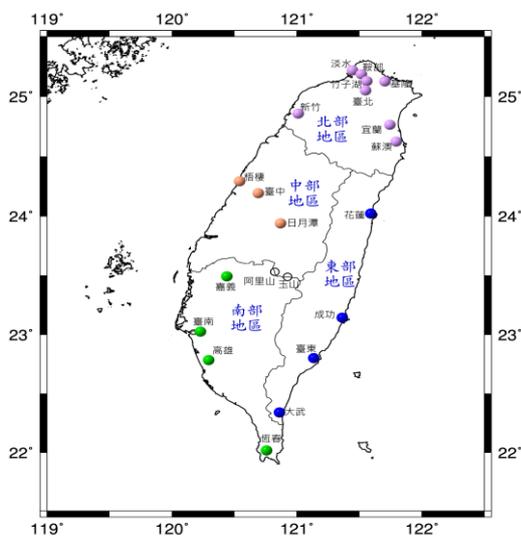


圖 3、氣象測站位置分區

表 3、氣象測站位置分區表

區域	測站名		測站數
北部	基隆	竹子湖	8
	宜蘭	淡水	
	蘇澳	台北	
	鞍部	新竹	
中部	台中		3
	梧棲		
	日月潭		
南部	阿里山	台南	6
	玉山	高雄	
	嘉義	恆春	
東部	花蓮	台東	4
	成功	大武	

二、研究流程及方法：

(一)登革熱病例數與聖嬰的時空關聯性探討：(如圖 4)

1. 比較海洋聖嬰指數(ONI)、南方震盪指數(SOI)與登革熱病例數相關性何者較高。
2. 分月分區計算登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數，找出分區分月相關性，並著色分析。
3. 統計登革熱病例數異常多時是否發生聖嬰或強聖嬰，找出分區異常病例是否和聖嬰現象發生連動，試圖找出極端連動性。
4. 統計登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關性與異常連動性，找出最有關聯之時空分布。
5. 利用回歸趨勢線，推算登革熱病例數隨海洋聖嬰指數(ONI)的變化趨勢。

一 登革熱病例數與聖嬰的時空關聯性探討

(一)比較海洋聖嬰指數(ONI)、南方震盪指數(SOI)與登革熱病例數相關性。

SOI	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
全台	0.53	-0.43	-0.01	-0.27	0.17	-0.28	-0.48	0.11	0.11	0.24	0.33	0.33	
北部							-0.38	0.13	0.04	-0.05	-0.05	-0.14	
中部			SOI				-0.33	-0.43	-0.11	-0.34	-0.39	0.23	0.38
南部	0.50	-0.43	-0.01	-0.27	0.18	-0.28	-0.27	0.10	0.10	0.28	0.26	0.40	
東部													
ONI	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
全台	0.72	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.66	0.81	0.78	0.69	0.68	0.70	
北部	0.69						0.58	-0.11	0.74	0.69	0.60	0.67	0.67
中部	0.66						0.39	0.47	0.50	0.63	0.77	0.74	0.68
南部	0.71	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.67	0.81	0.78	0.69	0.69	0.70	
東部	0.18							0.64	0.65	0.71	0.65	0.48	

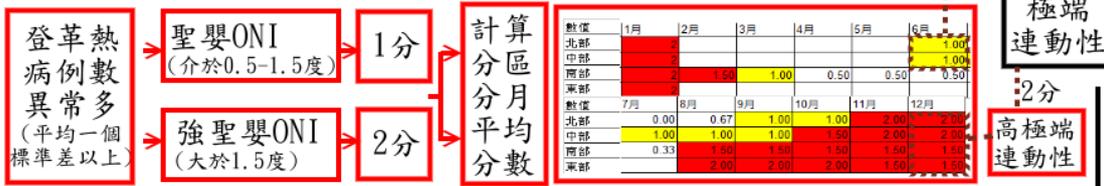
採用
相關
係數
較高
指數

(二)分月分區計算登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數，找出分區分月相關性，並著色分析。

數值	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
全台	0.72	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.66	0.81	0.78	0.69	0.68	0.70	
北部	0.70						0.58	-0.11	0.74	0.69	0.60	0.67	0.67
中部	0.66						0.39	0.47	0.50	0.63	0.77	0.74	0.68
南部	0.71	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.67	0.81	0.78	0.69	0.69	0.70	
東部	0.18							0.64	0.65	0.71	0.65	0.48	

高度
正相關 2分
中度
正相關 1分
相關性

(三)統計登革熱病例數異常多時是否發生聖嬰或強聖嬰，找出分區極端天氣、異常病例是否連動，找出極端連動性。



(四)統計登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關性與異常連動性，找出最有關聯之時空分布。

數值	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	3	0	0	0	0	2	0	2	2	2	3	3
中部	3	0	0	0	0	2	2	2	4	4	4	3
南部	4	3	1	0	1	1	1	4	4	3	3	4
東部	2	0	0	0	0	0	0	3	3	4	3	3

中關聯性
高關聯性
關聯性

(五)利用回歸趨勢線，推算登革熱病例數隨海洋聖嬰指數(ONI)的變化趨勢。

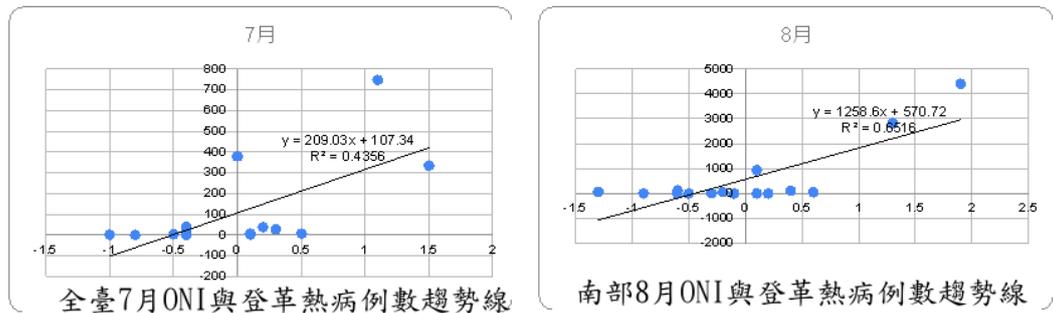


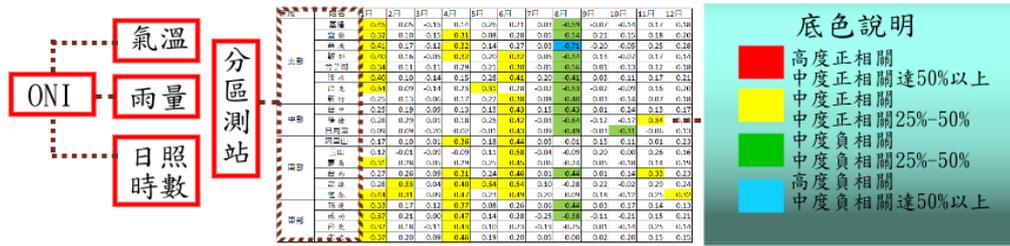
圖 4、步驟一：登革熱病例數與聖嬰的時空關聯性探討

(二) 海洋聖嬰指數(ONI)與臺灣分區氣象因子的相關性探討：(如圖 5)

1. 計算聖嬰指數(ONI)與臺灣各分區測站相關係數。
2. 分區統計達中度相關測站百分比，並設定達 25%以上測站代表具相關性。
3. 由步驟一中登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)具關聯性時空(2分以上)，進行天氣因子特徵分析，並推算隨聖嬰現象之變化趨勢。
4. 試圖由聖嬰指數預測登革熱病例爆發時空分布，並推算天氣因子隨 ONI 的變化趨勢。

(二) 海洋聖嬰指數與分區氣象因子的相關性探討

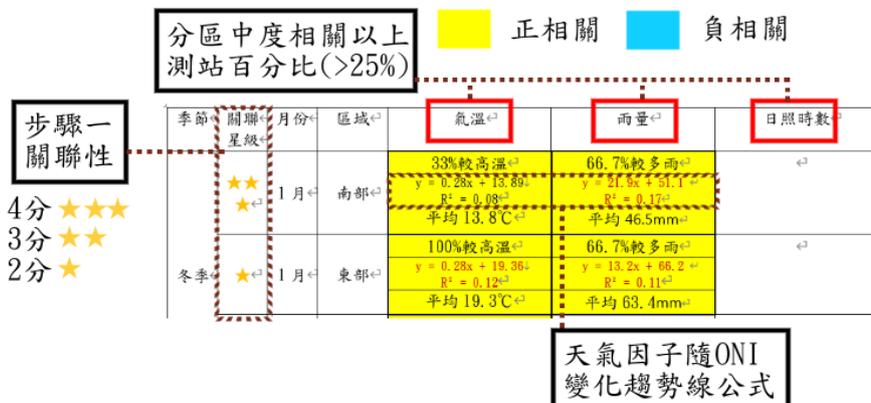
1. 計算聖嬰指數(ONI)與臺灣各分區測站相關係數。



2. 分區統計達中度相關測站百分比，並設定達25%以上測站代表具相關性。

區域相關	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	87.5%	0.0%	0.0%	37.5%	12.5%	50.0%	0.0%	-100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
中部	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	-100.0%	0.0%	-33.3%	33.3%	0.0%
南部	33.3%	33.3%	0.0%	66.7%	16.7%	100.0%	0.0%	-16.7%	0.0%	0.0%	16.7%	16.7%
東部	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

3. 由步驟一中登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)具關聯性時空(2分以上)，進行天氣因子特徵分析，並推算隨聖嬰現象之變化趨勢。



4. 試圖由聖嬰指數預測登革熱病例爆發時空分布，並推算天氣因子隨ONI的變化趨勢。

季節	月份	分區	海洋聖嬰指數(ONI)上升1°C時之變化			推估病例數(例)				
			天氣因子	數值	平均值	可能增加病例數	區平均病例數	氣溫差0.5°C	雨量相差100mm	日照時數差10小時
冬季	1月	南部	氣溫	上升0.36°C	13.8°C	58.6	33.6	129	74	-
			雨量	上升21.9mm	46.5mm					
	2月	南部	氣溫	上升0.28°C	19.3°C	0.15	1.8	4	-	-
			雨量	上升0.33°C	14.6°C					

圖 5、步驟二：海洋聖嬰指數與分區氣象因子的相關性探討

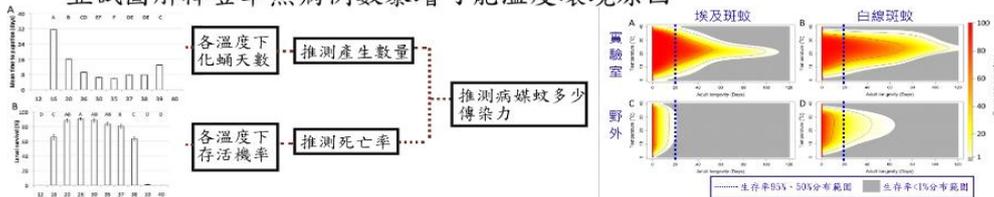
(三)全臺及分區登革熱病例數異常多時各區平均/最高/最低氣溫分布及推估危險性探討：

(如圖 6)

1. 文獻搜尋埃及、白線斑蚊適合生存氣溫，了解病媒蚊生長所需環境溫度，並試圖解釋登革熱病例數暴增可能溫度環境原因。
2. 全臺登革熱病例數異常多時平均/最高/最低氣溫分布，了解全臺登革熱發生病例爆發溫度分布情況。
3. 比較登革熱病例數異常多時各區平均/最高/最低氣溫分布，以了解區域差異性。
4. 統計南部登革熱病例數異常多時，各月 ONI 值、均溫、雨量分布，推估登革熱病例爆發條件。

(三) 登革熱病例數異常多時各區氣溫分布及推估危險特徵探討

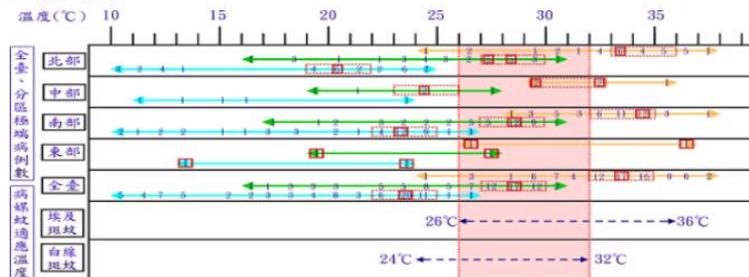
1. 文獻搜尋埃及、白線斑蚊適合生存氣溫，了解病媒蚊生長所需環境溫度，並試圖解釋登革熱病例數暴增可能溫度環境原因。



2. 全臺登革熱病例數異常多時平均/最高/最低氣溫分布，了解全臺登革熱發生病例爆發溫度分布情況。



3. 比較登革熱病例數異常多時各區平均/最高/最低氣溫分布，以了解區域差異性。



4. 統計南部登革熱病例數異常多時，各月 ONI 值、均溫、雨量分布，推估登革熱病例爆發條件。

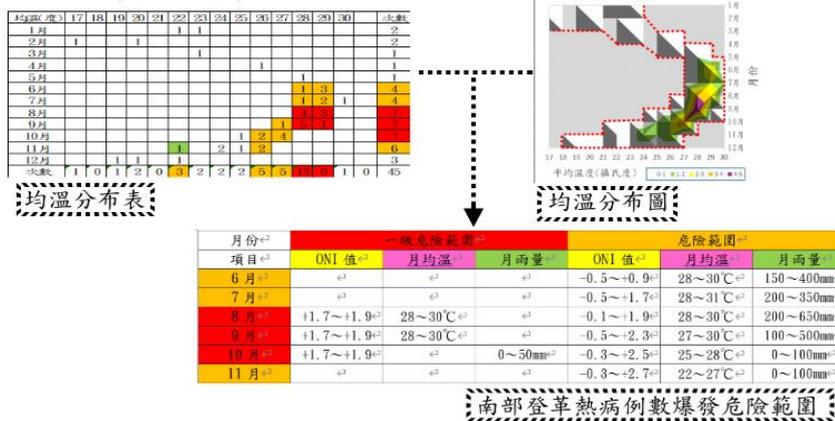


圖 6、步驟三：登革熱病例數異常多時各區氣溫分布及推估危險性探討

肆、研究結果與討論

一、各季節臺灣分區登革熱病例數與聖嬰指數相關性與極端連動性探討：

(一)登革熱病例數與聖嬰指數(ONI、SOI)相關性探討：

統計 2008 年至 2023 年各月分區及全台登革熱病例數與聖嬰指數(ONI、SOI)相關係數值，如下表 4。由表海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數相關性不論是達中度相關以上月份數(達 10 個月)及相關性(達高度相關月份達 6 個月)均明顯高於南方震盪指數(SOI，達正負中度相關月份 8 個月，無達高度相關月份)，可見海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數相關性高。故本研究以下將以海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數相關性及異常連動性進行探討。

表 4、登革熱病例數與聖嬰指數(ONI、SOI)相關係數值

SOI	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全台	0.53	-0.43	-0.01	-0.27	0.17	-0.28	-0.48	0.11	0.11	0.24	0.33	0.33
北部							-0.38	0.13	0.04	-0.05	-0.05	-0.14
中部						-0.33	-0.43	-0.11	-0.34	-0.39	0.23	0.38
南部	0.50	-0.43	-0.01	-0.27	0.18	-0.28	-0.27	0.10	0.10	0.28	0.26	0.40
東部									-0.41			
ONI	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全台	0.72	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.66	0.81	0.78	0.69	0.68	0.70
北部	0.69					0.58	-0.11	0.74	0.69	0.60	0.67	0.67
中部	0.66					0.39	0.47	0.50	0.63	0.77	0.74	0.68
南部	0.71	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.67	0.81	0.78	0.69	0.69	0.70
東部	0.18							0.64	0.65	0.71	0.65	0.48

(二)登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數與極端連動性統計：

1. 登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數統計與探討：

統計 2008 年至 2023 年各月分區登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數值如下表 5。可見登革熱病例數與聖嬰指數除春季(3-5 月)外，均呈現大範圍之相關性。又以 8 月至隔年 1 月臺灣多區呈現高度正相關，為聖嬰引發登革熱主要影響月份。區域方面南部一年中 10 個月達中度相關以上，其中 4 個月達高度相關，最具相關性。

表 5、各月全臺及分區登革熱病例數與聖嬰指數(ONI)相關係數值表

數值	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全台	0.72	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.66	0.81	0.78	0.69	0.68	0.70
北部	0.70					0.58	-0.11	0.74	0.69	0.60	0.67	0.67
中部	0.66					0.39	0.47	0.50	0.63	0.77	0.74	0.68
南部	0.71	0.51	0.27	0.12	0.39	0.56	0.67	0.81	0.78	0.69	0.69	0.70
東部	0.18							0.64	0.65	0.71	0.65	0.48

●註：白底無數值-數值無法計算相關係數；黃底(■)-中度正相關；紅底(■)-高度正相關。

2. 登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)極端連動性統計：

為了呈現登革熱病例數極端多(平均再一個標準差以上)時是否也呈現聖嬰現象，極端值是否連動，本團隊設計一個方法，經統計若登革熱病例數極端多月份，是否發生聖嬰($1.5^{\circ}\text{C} > \text{ONI} > 0.5^{\circ}\text{C}$)，計分 1 分；若發生強聖嬰($\text{ONI} > 1.5^{\circ}\text{C}$ ，聖嬰定義之三倍差溫度)，計分 2 分；無聖嬰($\text{ONI} < 0.5^{\circ}\text{C}$)，則計 0 分。藉此計算平均每次發生登革熱時，聖嬰發生與否，若計分平均 1 分以上代表本月登革熱病例數極端多時每次均發生聖嬰($\text{ONI} > 0.5^{\circ}\text{C}$)；若計分平均在 1.5 分以上，代表本月登革熱病例數極端多時至少有數次強聖嬰($\text{ONI} > 1.5^{\circ}\text{C}$)。計算結果，如表 6。藉此可推知登革熱病例數極端多時，發生聖嬰甚至強聖嬰的機率高低。

由表 5 可見登革熱病例數極端多時，發生聖嬰的機率僅 4-5 月底，其他月份尤其夏末至冬天(8 月到 2 月)，可見病例數極端與聖嬰發生連動性高。區域上來說南部極端連動平均 1 分以上達 8 個月，且有 7 個月達 1.5 分以上，故以南部極端連動性最高。

表 6、登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)極端連動性計算數值

數值	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全台	2	1.50	0.00	0.50	0.33	0.50	0.33	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
北部	2					1.00	0.00	0.67	1.00	1.00	2.00	2.00
中部	2					1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	2.00	2.00
南部	2	1.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.33	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
東部	2							2.00	2.00	2.00	1.50	1.50

(三) 臺灣分區各月登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關性與極端連動性整理：

由於相關係數和極端連動都可呈現病例數與聖嬰的關聯性，故本團隊整理一套計算分區關聯性方法如下：

1. 相關係數：各區高度正相關月份計 2 分(表 4 紅底)、中度正相關月份計 1 分(表 4 黃底)。
2. 極端連動性：各區極端連動數字 1.5 分以上計 2 分(表 5 紅色底)、連動數字 1.0 至 1.5 分計 1 分(表 5 黃色底)、連動數字 1.0 以下計 0 分(表 5 白色底)。

統計結果如表 7。其中 4 分和 3 分皆代表登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)高度相關，且登革熱病例數在平均一個標準差以上時，至少部分是強聖嬰發生(ONI>1.5°C)情況，代表確實兩事件具強烈關聯。由表 6 可見登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)關聯明顯 8-9 月南部、東部；10 月中部、南部、東部；11-12 月全臺；1 月份北部、中部、南部；2 月份南部。明顯看出登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)春季關聯最小。

表 7、登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)關聯性計分表

數值	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全台	4	3	0	0	1	1	1	4	4	3	3	4
北部	3	0	0	0	0	2	0	2	2	2	3	3
中部	3	0	0	0	0	2	2	2	2	4	4	3
南部	4	3	1	0	1	1	1	4	4	3	3	4
東部	2	0	0	0	0	0	0	3	3	4	3	3

(四) 海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數相關變化趨勢：

探討 2008 至 2023 年各月全臺及分區登革熱病例數相較海洋聖嬰指數(ONI)之變化趨勢，本團隊以登革熱病例數為 Y 軸、海洋聖嬰指數(ONI)為 X 軸，繪製 XY 分布圖，並加入趨勢線，顯示趨勢線公式及 R 平方值，並計算各月登革熱平均病例數；趨勢線斜率/病例數，可大致推算當 ONI 增加 1°C 登革熱病例數可增加多少倍之平均病例數。依說明製作表 8(全臺)、表 9(北部)、表 10(中部)、表 11(南部)、表 12(東部)。

1. 全臺登革熱病例數與 ONI 指數變化趨勢探討：

表 8、全臺海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數 XY 分布圖趨勢線公式、R 平方值及各月平均病例數表

月份	1月	2月	3月	4月
趨勢線公式	$y = 58.4x + 47.1$	$y = 1.5x + 2.1$	$y = 0.6x + 1.1$	$y = 0.6x + 1.5$
R 平方	0.51	0.26	0.07	0.02
平均病例數	34 例	2 例	1 例	1 例
斜率/病例數	1.7	0.8	0.6	0.6
月份	5月	6月	7月	8月
趨勢線公式	$y = 5.6x + 5.2$	$y = 52.6x + 27.6$	$y = 209x + 107$	$y = 1300x + 597$
R 平方	0.15	0.32	0.44	0.66
平均病例數	5 例	26 例	101 例	565 例
斜率/病例數	1.1	2.0	2.1	2.3
月份	9月	10月	11月	12月
趨勢線公式	$y = 3420x + 1910$	$y = 1899x + 1601$	$y = 1617x + 1260$	$y = 508x + 408$
R 平方	0.61	0.46	0.46	0.48
平均病例數	1739 例	1328 例	1118 例	360 例
斜率/病例數	2.0	1.4	1.4	1.4

●註：底色紅色為關聯性高(表 6，3 分、4 分)，底色橙色為具關聯性(表 6，2 分)。

由表 8 可見全臺登革熱病例數與 ONI 指數達具關聯性(表 6, 2 分以上)之趨勢線斜率/病例數, 代表隨聖嬰指數增加, 登革熱病例數增加倍率, 以 6 月到隔年 1 月都明顯, ONI 升 1°C, 病例數倍增 1.4 至 2.3 倍不等, 以 8 月倍增病例 2.3 倍最多, 夏季(6、7、8 月)及初秋(9 月)聖嬰影響最明顯。

2. 臺灣分區登革熱病例數與 ONI 指數變化趨勢探討：

由表 9 至表 12, 北部、中部、東部病例較少, 不易呈現趨勢, 但整合四區趨勢線斜率/平均病例數數值, 可發現隨聖嬰發生夏、秋病例數倍增率較其他冬季高的現象。春季因關聯性低, 數據參考值低, 故不討論。

表 9、北部海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數 XY 分布圖趨勢線公式、R 平方值及各月平均病例數表

月份	1 月	2 月	3 月	4 月
趨勢線公式	$y = 0.5x + 0.4$	無病例	無病例	無病例
R 平方	0.48	無病例	無病例	無病例
平均病例數	0.3 例	0 例	0 例	0 例
斜率/病例數	1.6	X	X	X
月份	5 月	6 月	7 月	8 月
趨勢線公式	無病例	$y = 0.8x + 0.2$	$y = -0.6x + 1.7$	$y = 12.2x + 9.0$
R 平方	無病例	0.34	0.01	0.54
平均病例數	0 例	0.2 例	1.8 例	8.7 例
斜率/病例數	X	4.0	-0.3	1.4
月份	9 月	10 月	11 月	12 月
趨勢線公式	$y = 19.5x + 17.5$	$y = 10.8x + 11.3$	$y = 6.5x + 5.2$	$y = 2.3x + 1.7$
R 平方	0.48	0.36	0.45	0.45
平均病例數	16.6 例	11.7 例	4.0 例	1.3 例
斜率/病例數	1.2	0.9	1.6	1.8

表 10、中部海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數 XY 分布圖趨勢線公式、R 平方值及各月平均病例數表

月份	1 月	2 月	3 月	4 月
趨勢線公式	$y = 0.1x + 0.1$	無病例	無病例	無病例
R 平方	0.43	無病例	無病例	無病例
平均病例數	0.1 例	0 例	0 例	0 例
斜率/病例數	1	X	X	X
月份	5 月	6 月	7 月	8 月
趨勢線公式	無病例	$y = 3.3x + 1.3$	$y = 20.4x + 8.2$	$y = 28.6x + 16.5$
R 平方	無病例	0.15	0.23	0.25
平均病例數	0 例	1.2 例	7.6 例	15.8 例
斜率/病例數	X	2.8	2.7	1.8
月份	9 月	10 月	11 月	12 月
趨勢線公式	$y = 30.6x + 19.5$	$y = 7.4x + 5.8$	$y = 6.8x + 5.0$	$y = 1.5x + 1.2$
R 平方	0.40	0.59	0.55	0.46
平均病例數	18.0 例	10.1 例	3.8 例	0.9 例
斜率/病例數	1.7	0.7	1.8	1.7

表 11、南部海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數 XY 分布圖趨勢線公式、R 平方值及各月平均病例數表

月份	1 月	2 月	3 月	4 月
趨勢線公式	$y = 58.6x + 47.1$	$y = 1.5x + 2.1$	$y = 0.6x + 1.1$	$y = 0.6x + 1.5$
R 平方	0.50	0.26	0.07	0.02
平均病例數	33.6 例	1.8 例	1.0 例	1.4 例
斜率/病例數	1.7	0.8	0.6	0.4
月份	5 月	6 月	7 月	8 月
趨勢線公式	$y = 5.5x + 5.1$	$y = 48.5x + 26.1$	$y = 189x + 98$	$y = 1259x + 571$
R 平方	0.15	0.32	0.45	0.65
平均病例數	4.7 例	24.6 例	91.8 例	539.3 例
斜率/病例數	1.2	2.0	2.1	2.3
月份	9 月	10 月	11 月	12 月
趨勢線公式	$y = 3368x + 1873$	$y = 1856x + 1417$	$y = 1611x + 1333$	$y = 505x + 427$
R 平方	0.61	0.48	0.47	0.49
平均病例數	1704.8 例	1297.2 例	1038.7 例	330.8 例
斜率/病例數	2.0	1.4	1.6	1.5

表 12、東部海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數 XY 分布圖趨勢線公式、R 平方值及各月平均病例數表

月份	1 月	2 月	3 月	4 月
趨勢線公式	$y = 0.2x + 0.3$	無病例	無病例	無病例
R 平方	0.03	無病例	無病例	無病例
平均病例數	0.3 例	0 例	0 例	0 例
斜率/病例數	0.7	X	X	X
月份	5 月	6 月	7 月	8 月
趨勢線公式	無病例	無病例	無病例	$y = 0.2x + 0.1$
R 平方	無病例	無病例	無病例	0.41
平均病例數	0 例	0 例	0 例	0.1 例
斜率/病例數	X	X	X	2.0
月份	9 月	10 月	11 月	12 月
趨勢線公式	$y = 0.8x + 0.5$	$y = 1.8x + 1.1$	$y = 1.4x + 1.1$	$y = 0.9x + 0.9$
R 平方	0.42	0.50	0.43	0.23
平均病例數	0.4 例	0.8 例	0.9 例	0.8 例
斜率/病例數	2.0	2.3	1.6	1.1

二、海洋聖嬰指數(ONI)與台灣各區氣象因子的相關性且與登革熱疫情增加之特徵探討：

本團隊利用 2008 年至 2023 年中央氣象署氣象資料及澳洲氣象局海洋聖嬰指數(ONI)，對臺灣各月各氣象測站氣溫、雨量、日照時數與海洋聖嬰指數(ONI)做相關係數計算。計算結果，如表 13(氣溫)、表 15(雨量)、表 17(日照時數)。

達高度正相關加紅底(■)、達高度負相關加藍底(■)、中度正相關加黃底(■)、達中度負相關加綠底(■)。由於分區多測站相關係數出現中度相關情況，可見海洋聖嬰現象指數(ONI)有大範圍影響趨勢，故統計分區達中度相關性測站百分比，製作出表 14(氣溫)、表 16(雨量)、表 18(日照時數)，進行分析比對。圖中中度正相關區域超過 50%測站加紅底(■)、中度負相關區域超過 50%測站加藍底(■)、中度正相關區域超過 25%測站加黃底(■)、中度負相關區域超過 25%測站加綠底(■)，如表 7 北部地區有 8 個測站氣溫與 ONI 相關係數達中度相關有 7 個測站，故達中度相關百分比即為 $7/8=87.5\%$ ，超過 50%底色為紅色(■)，結果及統計及討論如下：

(一)臺灣各月氣溫與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數統計：

表 13、臺灣各月各測站氣溫與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數表

區域	站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	基隆	0.45	0.05	-0.15	0.14	0.26	0.21	0.03	-0.59	-0.07	-0.14	0.17	0.18
	宜蘭	0.32	0.10	-0.15	0.31	0.08	0.28	0.05	-0.54	-0.21	-0.15	0.18	0.20
	蘇澳	0.41	0.17	-0.12	0.32	0.14	0.27	0.03	-0.71	-0.20	-0.05	0.25	0.28
	鞍部	0.40	0.16	-0.05	0.32	0.20	0.32	0.05	-0.34	0.13	-0.07	0.17	0.14
	竹子湖	0.34	0.11	-0.11	0.29	0.21	0.30	-0.05	-0.56	0.01	-0.13	0.12	0.18
	淡水	0.40	0.10	-0.14	0.15	0.28	0.41	0.20	-0.41	0.03	-0.11	0.17	0.21
	台北	0.34	0.09	-0.14	0.23	0.31	0.28	-0.02	-0.53	-0.02	-0.09	0.16	0.20
中部	新竹	0.25	0.13	-0.06	0.17	0.22	0.38	0.08	-0.40	0.03	-0.14	0.07	0.18
	台中	0.25	0.19	-0.09	0.13	0.15	0.43	0.15	-0.43	0.01	-0.24	0.13	0.17
	梧棲	0.28	0.29	0.01	0.18	0.25	0.42	-0.03	-0.64	-0.12	-0.17	0.34	0.13
南部	日月潭	0.09	0.09	-0.20	-0.02	-0.01	0.43	0.09	-0.49	-0.03	-0.31	-0.06	0.13
	阿里山	0.17	0.10	0.01	0.36	0.18	0.44	0.05	-0.01	0.15	-0.11	-0.01	0.23
	玉山	0.12	-0.01	-0.09	-0.09	0.11	0.58	-0.04	-0.09	0.20	0.00	0.26	0.16
	嘉義	0.31	0.28	0.05	0.29	0.25	0.45	0.06	-0.24	0.05	-0.18	0.14	0.19
	台南	0.27	0.26	-0.09	0.31	0.24	0.46	0.01	-0.44	0.01	-0.14	0.33	0.23
	高雄	0.28	0.33	0.04	0.40	0.34	0.54	0.10	-0.28	0.22	-0.02	0.29	0.24
東部	恆春	0.44	0.31	0.09	0.47	0.23	0.49	0.20	0.09	0.18	-0.12	0.25	0.32
	花蓮	0.33	0.17	-0.12	0.37	0.08	0.26	0.06	-0.44	0.03	-0.17	0.14	0.13
	成功	0.37	0.21	0.00	0.47	0.14	0.28	-0.25	-0.38	-0.11	-0.21	0.15	0.21
	台東	0.32	0.18	-0.11	0.43	0.10	0.23	-0.19	-0.25	0.01	-0.14	0.25	0.14
	大武	0.37	0.20	-0.09	0.46	0.19	0.20	-0.05	0.00	0.02	-0.20	0.15	0.15

由表 13 結果整理，成表 14。由表 14 台灣各月各區氣溫與海洋聖嬰指數(ONI)相關性，可見聖嬰現象大範圍影響台灣氣溫(3 區域以上)，主要在 1 月、4 月、6 月、8 月，其中 1 月、4 月、6 月正相關代表聖嬰現象發生時，氣溫較高；8 月為負相關代表聖嬰現象發生時，氣溫相對較低。

而聖嬰影響氣溫月份最多區域為中、南部。聖嬰發生時中部 6 月、11 月相對氣溫高；8 月、10 月相對氣溫低；南部 1 月、2 月、4 月、6 月高溫。

由此可知聖嬰現象的發生，聖嬰可能會造成深冬變暖(1 月較高溫)、冬季提前結束(4 月較高溫)、夏季提到來(6 月較高溫)、盛夏變涼(8 月較低溫)。

表 14、各分區氣溫與海洋聖嬰指數(ONI)達中度相關測站百分比表

區域相關	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	87.5%	0.0%	0.0%	37.5%	12.5%	50.0%	0.0%	-100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
中部	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	-100.0%	0.0%	-33.3%	33.3%	0.0%
南部	33.3%	33.3%	0.0%	66.7%	16.7%	100.0%	0.0%	-16.7%	0.0%	0.0%	16.7%	16.7%
東部	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

(二)臺灣各月雨量與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數統計：

由表 15 結果整理，成表 16。由表 16 臺灣各月各區雨量與海洋聖嬰指數(ONI)相關性，可見聖嬰現象大範圍影響台灣雨量(3 區域以上)，主要在 1 月、3 月、4 月、8 月、10 月，其中 1 月、3 月、8 月正相關代表聖嬰現象發生時，雨量相對較多，以 8 月最明顯；2 月北部、東部、4 月東部、7 月中部、9 月南部、東部、10 月北部、南部、東部為負相關代表聖嬰現象發生時，雨量相對較少，以 10 月較明顯。而聖嬰影響雨量月份最多區域為東部。

由此可知聖嬰現象的發生，可能會造成冬雨增加(1 月較多雨)、春雨明顯(3 月、4 月多雨)、盛夏多雨(8 月較多雨)、除中部外秋雨減少(10 月較少雨)。

表 15、臺灣各月各測站雨量與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數表

區域	站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	基隆	-0.27	-0.17	0.19	-0.03	-0.42	0.16	0.29	0.45	-0.03	-0.50	0.07	-0.04
	宜蘭	-0.08	-0.26	0.12	0.40	-0.14	0.03	0.11	0.55	0.07	-0.54	0.08	-0.03
	蘇澳	-0.13	-0.37	0.08	0.34	-0.08	-0.22	0.16	0.59	0.15	-0.56	-0.03	0.01
	鞍部	-0.14	-0.38	0.39	-0.02	-0.18	-0.02	0.07	0.29	-0.02	-0.21	0.27	-0.04
	竹子湖	-0.26	-0.34	0.46	-0.03	-0.10	-0.01	0.19	0.39	-0.08	-0.15	0.02	-0.13
	淡水	0.34	-0.18	0.46	0.23	-0.09	0.03	-0.20	0.25	0.10	-0.16	0.18	0.02
	台北	0.24	-0.12	0.41	0.06	-0.10	0.26	0.26	0.40	0.06	-0.24	0.16	0.01
	新竹	0.35	0.02	0.33	0.23	0.07	-0.07	-0.25	0.30	-0.04	0.02	-0.03	-0.08
中部	台中	0.52	-0.01	0.34	0.26	0.18	-0.03	-0.36	0.28	-0.01	0.05	-0.02	-0.21
	梧棲	0.54	-0.12	0.48	0.31	0.00	-0.15	-0.18	0.39	-0.03	0.59	-0.04	-0.17
	日月潭	0.45	0.00	0.50	0.15	0.06	0.05	-0.30	0.57	0.02	0.38	0.07	-0.10
南部	阿里山	0.34	0.02	0.51	0.16	0.13	0.12	-0.32	0.39	-0.03	-0.27	0.09	0.12
	玉山	0.28	-0.31	0.02	0.20	-0.10	0.07	-0.19	0.41	-0.10	-0.21	0.04	-0.03
	嘉義	0.42	-0.20	0.39	0.43	0.11	-0.10	-0.08	0.22	0.18	0.25	-0.01	-0.24
	台南	0.62	0.21	0.53	0.35	0.02	-0.31	-0.20	0.38	-0.12	-0.22	-0.06	-0.28
	高雄	0.54	0.08	0.33	0.39	0.00	-0.25	-0.26	0.38	-0.35	-0.37	0.00	0.05
	恆春	0.25	-0.16	-0.08	0.41	0.00	-0.25	0.30	0.02	-0.30	-0.35	-0.05	0.20
東部	花蓮	0.15	-0.46	0.26	-0.31	-0.06	0.44	0.15	0.51	-0.11	-0.47	-0.02	-0.03
	成功	0.28	-0.30	-0.07	-0.63	-0.24	-0.09	0.44	0.37	-0.10	-0.24	-0.08	-0.18
	台東	0.37	-0.37	0.59	-0.25	0.01	-0.21	0.66	0.22	-0.17	-0.18	-0.03	-0.16
	大武	0.47	-0.17	0.08	0.15	0.04	-0.10	0.67	0.38	-0.33	-0.31	0.00	0.16

表 16、各分區雨量與海洋聖嬰指數(ONI)達中度相關測站百分比表

區域相關	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	25.00%	-37.50%	62.50%	25.00%	-13.00%	0.00%	0.00%	62.50%	0.00%	-37.50%	0.00%	0.00%
中部	100.00%	0.00%	100.00%	33.33%	0.00%	0.00%	-66.67%	66.67%	0.00%	67.00%	0.00%	0.00%
南部	66.67%	-16.67%	66.67%	66.67%	0.00%	-17.00%	-16.67%	66.67%	-33.33%	-33.33%	0.00%	0.00%
東部	50.00%	-50.00%	25.00%	-50.00%	0.00%	25.00%	75.00%	75.00%	-25.00%	-50.00%	0.00%	0.00%

(三)臺灣各月日照時數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數統計：

表 17、臺灣各月各測站日照時數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數表

區域	站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	基隆	0.10	0.21	-0.20	0.20	0.51	0.25	-0.17	-0.77	0.22	0.51	0.76	-0.07
	宜蘭	0.09	0.25	-0.08	0.17	-0.05	-0.01	-0.38	-0.72	-0.04	0.32	0.68	-0.04
	蘇澳	0.10	0.16	0.05	0.34	0.06	0.20	-0.31	-0.65	-0.05	0.34	0.61	0.01
	鞍部	0.12	0.18	-0.13	0.08	-0.06	0.08	0.06	-0.80	-0.40	0.28	0.42	-0.19
	竹子湖	0.05	0.18	-0.13	-0.02	-0.01	0.16	0.15	-0.71	0.36	0.39	0.61	-0.13
	淡水	0.40	0.23	-0.25	-0.13	-0.06	0.22	-0.02	-0.69	0.12	0.25	0.19	-0.14
	台北	0.08	0.13	-0.25	-0.20	-0.11	-0.07	-0.14	-0.62	0.09	0.33	0.58	-0.12
	新竹	-0.18	0.04	-0.22	0.15	-0.10	0.32	-0.45	-0.43	0.13	0.18	0.17	-0.18
中部	台中	-0.15	-0.14	-0.39	0.14	-0.15	0.39	-0.29	-0.43	-0.12	0.16	0.33	-0.29
	梧棲	-0.07	0.08	-0.28	0.08	-0.35	0.45	-0.40	-0.59	0.16	0.22	0.37	-0.03
	日月潭	-0.15	-0.06	-0.14	0.43	-0.04	0.35	-0.39	-0.48	-0.16	0.40	0.35	-0.15
南部	阿里山	-0.07	-0.07	-0.28	0.39	0.04	0.32	-0.17	-0.55	-0.12	0.12	0.21	0.10
	玉山	-0.17	-0.16	-0.34	0.09	-0.03	0.28	-0.50	-0.56	0.15	0.21	0.54	-0.05
	嘉義	-0.08	-0.20	-0.12	0.19	-0.04	0.30	-0.25	-0.56	-0.04	0.26	0.35	-0.06
	台南	-0.01	0.20	-0.27	0.13	0.03	0.37	-0.01	-0.52	0.12	0.21	0.40	0.11
	高雄	-0.03	0.19	-0.17	0.41	0.11	0.46	-0.16	-0.31	0.14	0.41	0.41	0.18
	恆春	-0.03	0.33	0.60	0.54	0.11	0.13	0.05	-0.41	0.03	0.12	0.79	0.36
東部	花蓮	0.05	-0.06	0.01	0.30	0.19	0.20	-0.28	-0.59	0.15	0.39	0.42	0.12
	成功	0.00	0.16	-0.06	0.39	0.10	0.11	-0.37	-0.50	0.09	0.16	0.42	0.11
	台東	0.03	0.19	0.00	0.56	0.24	0.15	-0.13	-0.36	-0.02	0.34	0.61	0.14
	大武	-0.06	0.15	0.03	0.54	0.15	0.22	-0.12	-0.31	0.02	0.09	0.67	0.06

由表 17 結果整理，成表 18。由表 18 臺灣各月各區日照時數與海洋聖嬰指數(ONI)相關性，可見聖嬰現象大範圍影響台灣雨量(3 區域以上)，主要在 4 月、7 月、8 月、10 月、11 月，其中 4

月、10月、11月正相關代表聖嬰現象發生時，日照時數相對較長，以11月最明顯；7月、8月為負相關代表聖嬰現象發生時，日照時數相對較短，以8月最明顯皆達中度負相關。

由此可知聖嬰現象的發生，可能會造成春季中期天氣晴朗(4月較多日照)、夏季雲量增加天氣陰雨(7月、8月日照較少)、深秋晴朗(10月、11月日照較多)。

表 18、各分區日照時數與海洋聖嬰指數(ONI)達中度相關測站百分比表

區域相關	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	12.50%	0.00%	0.00%	12.50%	13.00%	12.50%	-37.50%	-100.00%	13.00%	62.50%	75.00%	0.00%
中部	0.00%	0.00%	-33.33%	33.33%	-33.33%	100.00%	-66.67%	-100.00%	0.00%	33.33%	100.00%	0.00%
南部	0.00%	16.67%	-16.67%	50.00%	0.00%	66.67%	-16.67%	-100.00%	0.00%	16.67%	83.33%	16.67%
東部	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	-25.00%	-100.00%	0.00%	50.00%	100.00%	0.00%

(四)各月份分區登革熱病例數極多海洋聖嬰(ONI)發生時天氣現象特徵連結：

針對表 7 登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)有關聯性(2分以上)區域及月份，進行氣溫、雨量、日照時數三個天氣因子進行特徵檢視。可推知登革熱病例數極多時，發生之月份及區域氣象特徵，有利於未來預防。將結果製成表 19，表格內數據意義說明如下：

1. 關聯星級：分區 25%測站達中度相關針對氣溫、雨量、日照時數三項進行分析。區分登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)高度關聯性(表 7，4 分給三星★★★、3 分給二星★★)、具關聯性(表 7，2 分給一星★)。
2. 氣溫、雨量、日照時數三項：當登革熱病例數與聖嬰指數 ONI 關聯度達 2 分以上，且登革熱病例數多(在平均值超過一個標準差)時，表 19 內氣溫、雨量、日照時數區分三項資訊，分項說明如下：
 - (1)表格第一項：統計 2008-2023 年氣溫、雨量、日照時數數值(分區各測站平均)高或低，百分比為分區達中度相關測站占全區測占數之百分比。
 - (2)表格第二項：統計 2008-2023 年 X 軸為聖嬰指數 ONI、Y 軸為氣溫、雨量、日照時數(分區各測站平均)繪製 XY 分布圖的趨勢線方程式及 R 平方值。趨勢線公式 x 前係數為圖形斜率，代表隨 ONI(X 軸)，氣溫、雨量、日照時數(Y 軸)數值之變化，如氣溫斜率若為+0.1，則代表 ONI 上升 1°C，氣溫預估會上升+0.1°C；公式為紅色字代表 R 平方>0.1，代表相關性高。
 - (3)表格第三項：統計 2008-2023 年當月份氣溫、雨量、日照時數數值分區內測站平均，由於分區測站海拔高度有高低，故均溫高低並不能展現真實分區均溫，僅能呈現相對值。
 - (4)底色：黃色代表數值高、藍色代表數值低。

最後將登革熱病例數多時，聖嬰現象發生下，分區各月氣溫、雨量、日照時數特徵，製作成圖 7，以利分區查詢。

表 19(a)、登革熱病例數多時海洋聖嬰指數(ONI)具關聯性之天氣特徵表

季節	關聯星級	月份	區域	氣溫	雨量	日照時數
冬季	★★★	1月	北部	87.5%較高溫	25%較多雨	
				$y = 0.36x + 15.12$ $R^2 = 0.13$	$y = -6.9x + 226.1$ $R^2 = 0.01$	
				平均 15.0°C	平均 227.6mm	
	★★★	1月	中部		100%較多雨	
				$y = 28.2x + 46.7$ $R^2 = 0.24$		
				平均 40.8mm		

表 19(b)、登革熱病例數多時海洋聖嬰指數(ONI)具關聯性之天氣特徵表

季節	關聯星級	月份	區域	氣溫	雨量	日照時數
冬季	★★★	1月	南部	33%較高溫	66.7%較多雨	
				$y = 0.28x + 13.89$ $R^2 = 0.08$	$y = 21.9x + 51.1$ $R^2 = 0.17$	
				平均 13.8°C	平均 46.5mm	
	★	1月	東部	100%較高溫	66.7%較多雨	
				$y = 0.28x + 19.36$ $R^2 = 0.12$	$y = 13.2x + 66.2$ $R^2 = 0.11$	
				平均 19.3°C	平均 63.4mm	
★★★	2月	南部	33%較高溫			
			$y = 0.33x + 14.67$ $R^2 = 0.05$			
			平均 14.6°C			
夏季	★	6月	北部	50%較高溫		
				$y = 0.46x + 26.72$ $R^2 = 0.09$		
				平均 26.7°C		
	★	6月	中部	100%較高溫		100%日照較長
				$y = 0.32x + 26.27$ $R^2 = 0.08$		$y = 22.47x + 149.93$ $R^2 = 0.14$
				平均 26.3°C		平均 150.4 小時
	★	7月	中部		66.7%較少雨	66.7%日照較短
					$y = -76.0x + 255.4$ $R^2 = 0.08$	$y = -11.32x + 184.51$ $R^2 = 0.18$
					平均 256.0 mm	平均 184.6 小時
	★	8月	北部	100%較低溫	62.5%較多雨	100%日照較短
				$y = 0.02x + 27.73$ $R^2 = 0.03$	$y = 172.4x + 234$ $R^2 = 0.36$	$y = -0.90x + 201.53$ $R^2 = 0.02$
				平均 27.9°C	平均 267.0mm	平均 193.9 小時
★	8月	中部	100%較低溫	66.7%較多雨	100%日照較短	
			$y = -0.18x + 27.66$ $R^2 = 0.15$	$y = 4.5x + 338.0$ $R^2 = 0.01$	$y = -1.21x + 168.31$ $R^2 = 0.04$	
			平均 26.1°C	平均 376.4mm	平均 158.0 小時	
★★★	8月	南部		66.7%較多雨	100%日照較短	
				$y = -7.4x + 679.1$ $R^2 = 0.01$	$y = -2.20x + 176.47$ $R^2 = 0.10$	
				平均 616.0mm	平均 157.7 小時	
★★★	8月	東部	50%較低溫	75%較多雨	100%日照較短	
			$y = -0.01x + 28.54$ $R^2 = 0.01$	$y = -4.6x + 332.0$ $R^2 = 0.02$	$y = -1.38x + 232.73$ $R^2 = 0.03$	
			平均 28.5°C	平均 292.9mm	平均 221.0 小時	

表 19 (c)、登革熱病例數多時海洋聖嬰指數(ONI)具關聯性之天氣特徵表

季節	關聯星級	月份	區域	氣溫	雨量	日照時數			
秋季	★★★ ★	9月	南部		33.3%較少雨 $y = -34.7x + 295.9$ $R^2 = 0.01$ 平均 299.1mm				
				★★★	9月	東部		25%較少雨 $y = -45.4x + 296.5$ $R^2 = 0.04$ 平均 300.8mm	
							★	10月	北部
	★★★ ★	10月	中部	33.3%較低溫 $y = -0.14x + 23.89$ $R^2 = 0.04$ 平均 23.9°C	66.7%較多雨 $y = -2.3x + 18.2$ $R^2 = 0.02$ 平均 18.6mm	33.3%日照較長 $y = 7.11x + 192.37$ $R^2 = 0.09$ 平均 191.0 小時			
				★★★	10月	南部			
	★★★ ★	10月	東部					50%較少雨 $y = -141.1x + 305.8$ $R^2 = 0.26$ 平均 332.1mm	50%日照較長 $y = 5.73x + 145.8$ $R^2 = 0.08$ 平均 144.7 小時
				★★★	11月	北部			75%日照較長 $y = 7.16x + 81.11$ $R^2 = 0.35$ 平均 85.85 小時
	★★★ ★	11月	中部				33.3%較高溫 $y = 0.04x + 21.47$ $R^2 = 0.00$ 平均 24.7°C		100%日照較長 $y = 8.82x + 164.77$ $R^2 = 0.13$ 平均 163.2 小時
				★★★	11月	南部			83.3%日照較長 $y = 11.25x + 166.56$ $R^2 = 0.27$ 平均 164.6 小時
	★★★	11月	東部						100%日照較長 $y = 11.85x + 109.35$ $R^2 = 0.32$ 平均 107.3 小時

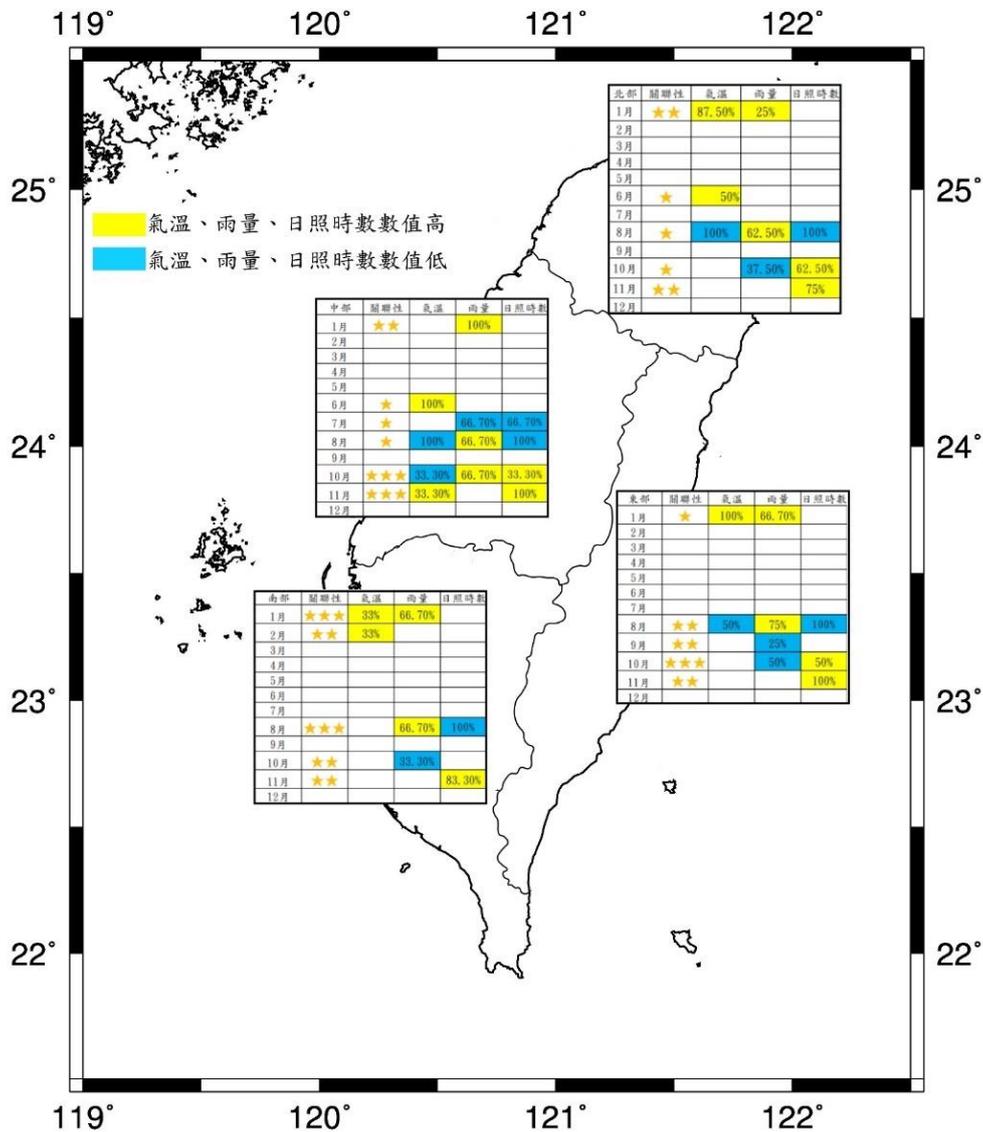


圖 7、登革熱病例數多時，聖嬰現象發生下，分區各月氣溫、雨量、日照時數特徵圖
(百分比為分區 ONI 與天氣因子達中度相關測站佔全區測站數之百分比)

由表 19 可發現，登革熱病例數多與海洋聖嬰指數影響季節主要是夏秋冬三季，春季較無關聯。以關聯性星級計算，表 19 中累積星級數北部 7 顆、中部 11 顆、南部 15 顆、東部 10 顆，可見登革熱病例數與海洋聖嬰指數在南部關聯性最大。

(五) 整合 ONI 指數與登革熱病例數及天氣因子趨勢推測分區病例數與實際對比：

結合表 8 至表 12 登革熱病例數隨 ONI 指數趨勢線方程式及表 19 海洋聖嬰指數 (ONI) 具關聯性之天氣特徵表，分月分區氣象特徵數值化，並推估病例數 (趨勢線與相關性相同，且影響案例 1 以上數值)，繪製成表 20。

由於 2023 年 8 至 11 月登革熱病例數明顯增加，病例數依序為 3041(8 月)、9216(9 月)、3895(10 月)、4280(11 月)，由於南部為病例主要來源，故利用表 19 有南部數值的 8 月、10 月、11 月做病例數檢測，8 月 (ONI=1.3) 南部日照時數 124 小時 (平均 157.7 小時)、11 月 (ONI=1.9) 226.2 小時 (平均 164.6 小時)；9 月 (ONI=1.6) 雨量 438mm (平均 299.1mm)、10 月 (ONI=1.8) 雨量 78mm (平均 77.3mm)。利用表 7 中 ONI 推算全臺病例數，8-11 月各為 2207 例、7263 例、5019 例、4332 例，數字上有些差距，但可見數量級相近。

若改由天氣因子數值回推病例數，8月日照時數下降33.7小時，病例數應為19678例；9月雨量增加138.9mm，病例數應為15356例；10月雨量增加0.7mm，病例數應為1376例；11月日照時數上升61.6小時，病例數應為10157例。看起來較直接利用ONI指數運算誤差大得多，推測氣象因子影響為多樣綜合結果，非單一因子可決定病媒蚊生長環境，但本研究結果仍可推知單一氣象因子在各月影響登革熱傳播的重要性以及聖嬰現象對各月氣候影響力。

表 20(a)、臺灣地區分月分區登革熱病例數預估表

季節	月份	分區	海洋聖嬰指數(ONI)上升1°C時之變化				推估病例數(例)			
			天氣因子	數值	平均值	可能增加病例數(%)	區平均病例數	氣溫差0.5°C	雨量相差100mm	日照時數差10小時
冬季	1月	南部	氣溫	上升0.36°C	13.8°C	174%	33.6	129		
			雨量	上升21.9mm	46.5mm				74	
	2月	南部	氣溫	上升0.28°C	19.3°C	50%	0.3	1		
			氣溫	上升0.33°C	14.6°C	8%	1.8	4		
夏季	6月	北部	氣溫	上升0.46°C	26.7°C	385%	0.2	1		
		中部	氣溫	上升0.32°C	26.3°C	276%	1.2	2		
			日照時數	上升22.47小時	150.4小時					3
	7月	中部	雨量	下降76mm	256.0mm	268%	7.6		11	
			日照時數	下降11.32小時	184.6小時					26
	8月	北部	雨量	上升172.4mm	267.0mm	140%	8.7		10	
			日照時數	下降0.9小時	193.9小時					145
		中部	氣溫	下降0.18°C	26.1°C	181%	15.8	96		
			雨量	上升4.5mm	376.4mm				80	
			日照時數	下降1.21小時	158.0小時					253
		南部	日照時數	下降2.2小時	157.7小時	233%	539.3			6292
	東部	氣溫	下降0.01°C	28.5°C	200%	0.1	10			
日照時數		下降1.38小時	221.0小時					2		
秋季	9月	南部	雨量	下降34.7mm	299.1mm	197%	1704.8		2844	
		東部	雨量	下降45.4mm	300.8mm	210%	0.4		1	

表 20 (b)、臺灣地區分月分區登革熱病例數預估表

季節	月份	分區	海洋聖嬰指數(ONI)上升 1°C 時之變化				推估病例數(例)			
			天氣因子	數值	平均值	可能增加病例數(%)	區平均病例數	氣溫差 0.5°C	雨量相差 100mm	日照時數差 10 小時
秋季	10 月	北部	雨量	下降 143.9mm	452.9mm	92%	11.7		12	
			日照時數	上升 9.44 小時	103.0 小時					
		中部	氣溫	下降 0.14 °C	23.9°C	73%	10.1	32		
			日照時數	上升 7.11 小時	191.0 小時					
		南部	雨量	下降 31.9mm	77.3mm	143%	1297.2		1999	
		東部	雨量	下降 141.1mm	332.1mm	218%	0.8		1	
	日照時數		上升 5.73 小時	144.7 小時	4					
	11 月	東部	日照時數	上升 11.85 小時	107.3 小時	156%	0.9			2
		南部	日照時數	上升 11.25 小時	164.6 小時	155%	1038.7			2766
		中部	氣溫	上升 0.04 °C	24.7°C	178%	3.8	90		
日照時數			上升 8.82 小時	163.2 小時	13					
北部	日照時數	上升 7.16 小時	85.85 小時	162%	4.0			14		

因為一般認知登革熱的病例數與聖嬰有關聯性，主要是聖嬰影響氣溫與雨量，進而使病媒蚊孳生，傳染登革熱。故本團隊不放棄針對 2023 登革熱病例多月份，進行氣溫與雨量推估，再依此回算登革熱病例數，因南部病例數最多，故以南部數值預估，如表 21。

結果預估與實際差距仍大，再次證實登革熱病例數病媒蚊傳播為氣象因子影響多樣綜合結果，非單一因子可決定病媒蚊生長環境。而且除了環境因素外，天然或人為景觀、居民生活習慣、健康程度都會影響登革熱是否可傳播，可見登革熱病例數預估的困難。

表 21、2023 年 6 月至 8 月南部地區登革熱病例數預估表

2023 月份	項目	ONI-南部 氣溫、雨量方程式	ONI-南部 病例數方程式	平均值	實際值	南部預估 病例數	全台實際 病例數
7 月	氣溫	$y = -0.1513x + 23.317$	$y = 188.86x + 97.65$	23.4	23.64	-201	632
	雨量	$y = -54.692x + 384.6$		384.6	344	240	
8 月	氣溫	$y = -0.0347x + 23.173$	$y = 188.86x + 97.652$	23	23.02	-11	2824
	雨量	$y = -7.4233x + 679.12$		617	497	3150	
9 月	氣溫	$y = -0.0524x + 22.613$	$y = 3368.4x + 1873.2$	22.7	22.7	1873	8968
	雨量	$y = -34.693x + 295.89$		297	404	-8515	

(六)另一種解釋法-ONI 指數與登革熱病例數(X、Y 分布圖)非線性分布：

比較 ONI 指數-全臺灣登革熱病例數趨勢線之方程式，線性與二次式之 R 平方值，如表 22。可見 R 平方值(差異超過 0.2)8 月至 1 月明顯二次式較線性符合趨勢，也許與疾病傳播型態有關，也許未來預測病例數可用不同方程式趨勢線進行預測。

表 22、ONI 指數-全臺灣登革熱病例數趨勢線線性及二次方程式比較

月份	線性方程式	二次方程式	月份	線性方程式	二次方程式
1 月	$y=58.4x+47.1$ $R^2=0.51$	$y=38x^2+32x-5$ $R^2=0.84$	2 月	$y=1.5x+2.1$ $R^2=0.26$	$y=0.5x^2+1.3x+1.6$ $R^2=0.29$
3 月	$y=0.6x+1.1$ $R^2=0.07$	$y=0.5x^2+0.6x+0.8$ $R^2=0.10$	4 月	$y=0.6x+1.5$ $R^2=0.02$	$y=-1.2x^2+0.3x+1.9$ $R^2=0.03$
5 月	$y=5.6x+5.2$ $R^2=0.15$	$y=6.1x^2+6.4x+3.7$ $R^2=0.21$	6 月	$y=52.6x+27.6$ $R^2=0.32$	$y=20x^2+48x+22$ $R^2=0.34$
7 月	$y=209x+107$ $R^2=0.44$	$y=91x^2+166x+69$ $R^2=0.49$	8 月	$y=1300x+597$ $R^2=0.66$	$y=793x^2+815x+102$ $R^2=0.92$
9 月	$y=3420x+1910$ $R^2=0.61$	$y=2076x^2+2208x+4$ $R^2=0.93$	10 月	$y=1899x+1601$ $R^2=0.46$	$y=1101x^2+1242x+199$ $R^2=0.74$
11 月	$y=1617x+1260$ $R^2=0.46$	$y=943x^2+939x+58$ $R^2=0.72$	12 月	$y=508x+408$ $R^2=0.45$	$y=303x^2+264x+9$ $R^2=0.74$

三、埃及斑蚊及白線斑蚊適合生存溫度研究與登革熱病例數多時溫度分布連結：

登革熱傳播病媒蚊主要是埃及斑蚊及白線斑蚊，因雌性埃及斑蚊可進行多次叮咬，故為傳染登革熱主要病媒蚊，以下針對埃及斑蚊產卵、化蛹適合溫度研究及白線斑蚊適合生存溫度進行探討，試圖解釋各月氣溫適合登革熱傳播原因。

(一)埃及斑蚊：

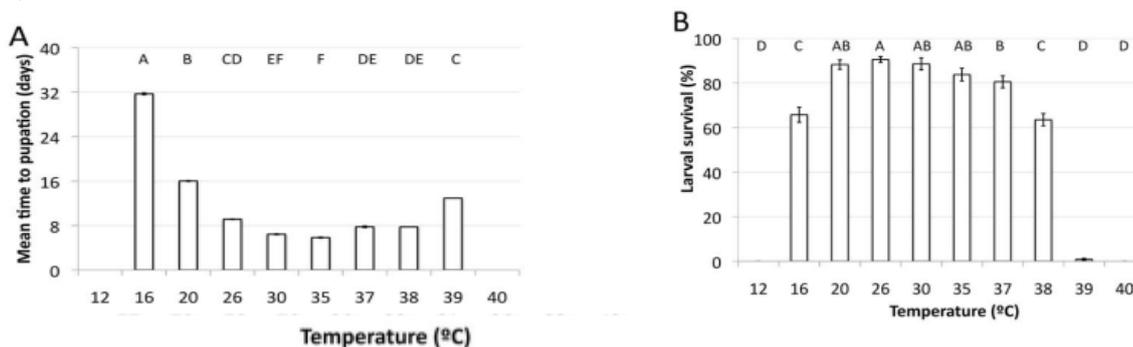


圖 8、埃及斑蚊在一定溫度範圍內的發育時間和存活率估計。(摘自：Lauren B. Carrington,2013)

由數據(Lauren B. Carrington,2013)圖 8A 及圖 8B 可看出當溫度為 12°C 或是 40°C 時，埃及斑蚊不但不會化蛹，也不會存活，由此可知，16~38°C 為埃及斑蚊可生存的溫度範圍。根據圖 8A，平均化蛹天數小於 10 天的溫度範圍大約是 26~38°C。根據圖 8B，幼蟲生存率達 80% 的溫度範圍大約是 20~37°C。綜合上述結果，可得知埃及斑蚊最適生存溫度範圍為 26~37°C 之間。

(二)白線斑蚊：

根據「白線斑蚊卵、幼蟲及蛹之發育」一文(李進學,1994)，15~36°C 為白線斑蚊可生存的溫度區間。蟲卵所需的孵化時間隨溫度升高而減短，其中孵化天數約為 8 日(含)內的溫度範圍為 24~36°C。蟲卵期、幼蟲發育期或是化蛹期的死亡率皆低於 20% 的溫度範圍介於 24~32°C。由上述可得出，白線斑蚊最適生存溫度範圍為 24~32°C。

(三)整合推論埃及斑蚊及白線斑蚊最適生存溫度範圍：

根據圖 9 數據(Oliver J Brady, 2013)可以明顯看出，長時間來說埃及斑蚊生存溫度範圍小於白線斑蚊。實驗室內環境中以 20 天為標準線可以發現，低溫環境下，埃及斑蚊最適生存低溫約為 10°C，而白線斑蚊約為 12°C；高溫環境下，埃及斑蚊最適高溫約為 36°C，而白線斑蚊約為 35°C。野外環境中以 20 天為標準線可以得知，野外的埃及斑蚊生存率小於 50%，且生存溫度範圍大約為 10~30°C，而白線斑蚊生存率可大於 50%，生存溫度範圍大約為 8°C~35°C。

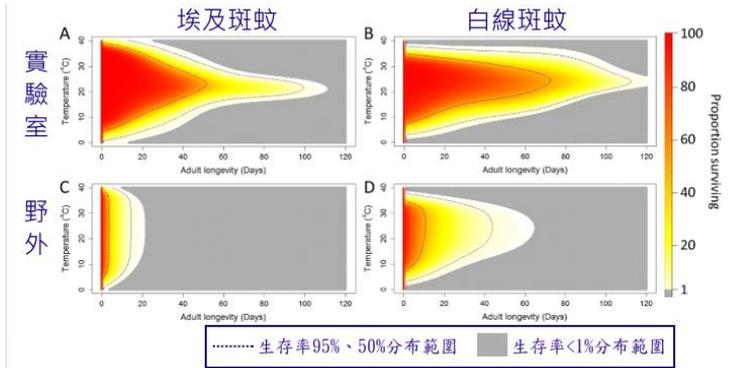


圖 9、埃及及白線斑蚊成蟲在一定溫度範圍內的生存百分比圖(摘自：Oliver J Brady, 2013)

透過文獻資料(屏東縣政府全球資訊網, 2024)了解兩種斑蚊之主要棲息地，埃及斑蚊為室內(如實驗室環境)，而白線斑蚊為室外(野外環境)，因此再綜合前文之判斷可以發現病媒蚊可傳播登革熱，**埃及斑蚊**範圍為**10~36°C**，而**白線斑蚊**為**12~35°C**。

不同文獻對於斑蚊的最適溫度範圍探討，最後得出結論判斷為，室內棲息的**埃及斑蚊**最適溫度範圍為**26~36°C**，而室外棲息的**白線斑蚊**最適生存範圍為**24~32°C**。

四、全台灣、北區、中區、南區、東區登革熱病例數異常多時各區平均/最高/最低氣溫分布探討：

(一)登革熱登革熱病例異常多時平均/最高/最低氣溫分布分析說明：

右圖 10 為登革熱病例取用縣市位置圖，圖中未選用苗栗縣、彰化縣、雲林縣、花蓮縣，是因為無相對氣象測站資料數據，故放棄採用。

本團隊針對本土登革熱病例在臺灣全島、北部、中部、南部、東部分析以月為單位登熱病例異常多時(同月比較平均值一個標準差以上)，其平均/最高/最低氣溫分布情況，製成表 23(全臺灣)、表 24(北部低區)、表 25(中部地區)、表 26(南部地區)、表 27(東部地區)，希望能找到登革熱疫情爆發之溫度分布情況。

表中藍底(■)代表當月最低溫度、綠底(■)代表當月平均溫度、橙底(■)代表當月最高溫。

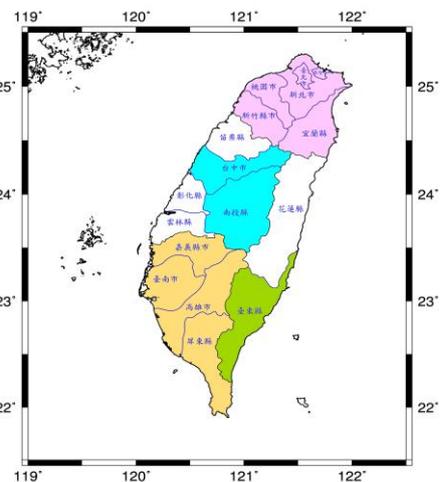


圖 10、各區分析登革熱病例數縣市位置圖

(二)全台灣登革熱病例異常多時平均/最高/最低氣溫分布情況分析：

1. 登革熱病例異常多時溫度分布：由表 23 可看出登革熱病例異常多時：

- (1)月均溫溫度：出現 26°C 至 36°C 區間(埃及最適溫度)比例達 56%；24°C 至 32°C 區間(白線最適溫度)比例達 72%。病例數為兩種病媒蚊共同傳播疊加結果，看起來病例數多較貼近白線斑蚊最適溫度。
- (2)最低氣溫：高於 10°C(埃及臨界溫度)，比例達 100%；高於 12°C(白線臨界溫度)，比例達 89%。可見低溫貢獻病例數埃及斑蚊多了 11%。
- (3)最高氣溫：低於 36°C(埃及臨界溫度)達 91%，低於 35°C(白線臨界溫度)達 80%。可見高溫貢獻病例數埃及斑蚊多了 11%。

由數據上來說若以 3°C 內為界，臺灣地區登革熱病例異常多時，均溫最多分布於 27°C 到 29°C 達 48%，均符合埃及斑蚊最適溫度 26°C 至 36°C，白線斑蚊最適溫度 24°C 至 32°C，由此看出登革熱病例數多，兩種斑蚊均有所貢獻。

2. 登革熱病例異常多時月份分布：

登革熱病例異常多月份，超過平均值的有 9 月到 12 月，總和佔所有病例數的 77%，為登革熱病例較多月份。

表 23、全臺灣登革熱病例數異常多時當月最低溫/均溫/最高溫分布表

溫度(°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	百分比
1月	1		1				1	1	1		1		1	1	1					3								5%	
2月	1		1					1			1								1	1								2%	
3月									1					1						1								1%	
4月									1							1						1						1%	
5月															1				1					1				1%	
6月													2	2		1			1	4				1	2	2		6%	
7月													3	1	1				1	2	2			1	1	2	1	6%	
8月													3	4	4			1	7	5				8	2	3	3	15%	
9月										4	2	3	5	3			2	7	7	1			1	7	2	3	3	20%	
10月		1				1	1			4	4	1	1	3	1	5	4	2	4		1			8	4	3		19%	
11月		1	3	3		1		2	1				2	3	3	1	2				2	3	3	3				13%	
12月	3	2	1	2					3	3	1		1				3			3	2							10%	
最高溫度百分							1%	1%	4%	4%	4%				1%		4%		1%	7%	8%	5%	14%	20%	19%	11%	7%	2%	
均溫百分													6%	6%	10%	6%	8%	14%	20%	14%	2%								
最低溫度百分	6%	5%	7%	6%		2%	2%	4%	4%	5%	10%	4%	7%	24%	13%	1%	1%												

●數字為出現次數，百分為出現溫度範圍百分比。

(三)臺灣北、中、南、東分區登革熱病例異常多時平均/最高/最低氣溫分布情況比較分析：

表 24、臺灣北部登革熱病例數異常多時當月最低溫/均溫/最高溫分布表

溫度(°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	百分比
1月	1		1				1				1				1						1							6%	
2月																													0%
3月																													0%
4月																													0%
5月																													0%
6月																				1						1		2%	
7月															1												1	3%	
8月														5	1				3	2					1	1	3	17%	
9月										4	2	2	1				2	5	2				1	2	1	3	2	28%	
10月		1							4	2				1	3	3						1	1	3	2			22%	
11月		1	3	1								1	3								1	1		2				13%	
12月	2	1							3								2			1								9%	
最高溫度百分							3%		9%		3%		3%	9%	13%	9%	6%	16%	16%	3%	6%	3%	13%	19%	13%	16%	16%	3%	
均溫百分														9%	13%	9%	6%	16%	16%	9%	3%								
最低溫度百分	9%	6%	13%	3%					13%	19%	6%	6%	19%	6%															

表 25、臺灣中部登革熱病例數異常多時當月最低溫/均溫/最高溫分布表

溫度(°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	百分比
1月																													0%
2月																													0%
3月																													0%
4月																													0%
5月																													0%
6月																													0%
7月																													0%
8月														1				1								1			20%
9月																													0%
10月						1	1				1				1					1			1						40%
11月				1											1								1						20%
12月		1								1										1									20%
最高溫度百分																					40%		40%			20%			
均溫百分										20%	20%				40%			20%											
最低溫度百分		20%	20%				20%	20%						20%															

表 26、臺灣南部登革熱病例數異常多時當月最低溫/均溫/最高溫分布表

溫度(°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	百分比
1月							1		1				1	1							2								4%
2月	1		1					1			1								1	1									4%
3月								1					1							1									2%
4月									1							1						1							2%
5月															1				1					1					2%
6月													2	1		1			1	3				1	2	1			9%
7月													3	1	1				1	2	1			1	1	2			9%
8月													3	4					4	3					7				16%
9月												1	3	3				1	5	1				5	1			1	16%
10月										2	1	3	1		2	1	2	4					4	2	1				16%
11月		1		1		1		2	1			1		2	1	2					1	2	2	1					13%
12月	1		1	1						1	1		1							1	2								7%
最高溫度百分																			2%	7%	11%	7%		13%	24%	27%	7%		
均溫百分								2%		2%	4%		7%	4%	4%	4%	11%	11%	27%	20%	2%								
最低溫度百分	4%	2%	4%	4%		2%	2%	7%	7%		4%	2%	9%	27%	20%	2%	2%												

表 27、臺灣東部登革熱病例數異常多時當月最低溫/均溫/最高溫分布表

溫度(°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	百分比	
1月																													0%	
2月																														0%
3月																														0%
4月																														0%
5月																														0%
6月																														0%
7月																														0%
8月																														0%
9月														1					1								1			50%
10月																														0%
11月																														0%
12月				1						1							1													50%
最高溫度百分																	50%											50%		
均溫百分										50%									50%											
最低溫度百分				50%										50%																

(1) 革熱病例異常多時溫度分布：

彙整表 24 至表 27，整理登革熱病例異常多時各月份分區均溫、最高溫度、最低溫度之最多異常病例數溫度、3°C 內為界占比例最高、最低溫度 10°C 以上、最高溫度 36°C 所占百分(埃及斑蚊可傳播範圍)，整理如表 28。

埃及斑蚊最適溫度範圍 26°C 至 36°C，白線斑蚊最適溫度範圍 24°C 至 32°C，病例數異常多時，均溫可見北部、南部符合兩病媒蚊適合溫度，中部、東部由於病例數少，分布較不具參考性。各區最高溫氣溫 < 36°C (埃及斑蚊生存溫度) 除東部，達 80% 以上，部分病例異常多高溫高於病媒蚊生存溫度，推測可能與病媒蚊有隱蔽或室內空間有關，也許長期高溫才能讓病媒蚊全滅。而病例數多時，最低氣溫均高於埃及斑蚊存活溫度，代表低溫相較於高溫是抑制登革熱傳播較有效的條件。故推測聖嬰時暖冬，連續聖嬰隔年常造成登革熱病例數無法下降現象，如 2014 到 2015 (1 月 80 例)、2015 到 2016 (1 月 362 例)；2018 到 2019 年、2023 到 2024，累積 1 月到 5 月病例數都破 150，其他年份則最多 50 例，故政府相關單位應更注重聖嬰年冬季登革熱防治措施。

表 28、臺灣分區登革熱病例數異常多時當月最低溫/均溫/最高溫分布特徵表

溫度	均溫(百分比)		最高氣溫 < 36°C (百分比)	最低氣溫 > 10°C (百分比)
	最多異常病例	3°C 內占比例最高		
北區(32 例)	27-29°C 各占 15.6%	27-29°C 占 40.6%	81%	100%
中區(5 例)	24°C 占 40%	23-25°C 占 40%	100%	100%
南區(45 例)	28°C 占 27%	26-28 占 57.8%	98%	100%
東區(2 例)	19°C、27°C 各占 50%	18-20°C、26-28°C 各占 50%	50%	100%

統計 2009-2024 登革熱 1 月+2 月病例數與前一年 12 月至 2 月(冬季)ONI 指數及氣溫距平值，跨年聖嬰加橙色底，如表 29。大致可看出跨年聖嬰(ONI>0.5)冬季氣溫相對較高(除 2014-2015)，可見跨年聖嬰因冬季氣溫高，造成登革熱病例數激增現象。

表 29、2008-2023 登革熱 1、2 月全臺本土病例數與冬季 ONI 指數及氣溫距平值表

年分	1 月+2 月 病例數	12 月		1 月		2 月	
		ONI 值	氣溫距平	ONI 值	氣溫距平	ONI 值	氣溫距平
2008-2009	0	-0.7	0.1	-0.8	-1.0	-0.8	2.7
2009-2010	38	1.6	-0.8	1.5	0.3	1.2	0.9
2010-2011	15	-1.6	-0.6	-1.4	-2.4	-1.2	-0.7
2011-2012	13	-1	-0.9	-0.9	-0.7	-0.7	-0.8
2012-2013	15	-0.2	-0.2	-0.4	-0.1	-0.4	1.5
2013-2014	14	-0.3	-1.3	-0.4	-0.3	-0.5	-0.8
2014-2015	90	0.7	-1.4	0.5	-0.2	0.5	-0.3
2015-2016	369	2.6	1.1	2.5	0.0	2.1	-1.3
2016-2017	0	-0.6	1.6	-0.3	1.5	-0.2	-0.4
2017-2018	0	-1	-0.1	-0.9	0.2	-0.9	-1.3
2018-2019	1	0.8	1.8	0.7	1.7	0.7	2.1
2019-2020	0	0.5	0.8	0.5	1.1	0.5	0.8
2020-2021	0	-1.2	0.5	-1	-1.2	-0.9	0.8
2021-2022	0	-1	0.2	-1	0.5	-0.9	-0.9
2022-2023	0	-0.8	-0.7	-0.7	0.1	-0.4	0.4
2023-2024	185	2.0	0.7	1.8	0.1	1.5	0.9

(2) 革熱病例異常多時月份分布：

依據表 24 至表 27，臺灣北部登革熱病例數大於平均在 8 月至 12 月，佔所有異常病例數的 88%；中部為 8 月、10 月、11 月、12 月，佔所有異常病例次數的 100%，東部僅兩個極端病例數，分別在 9 月、12 月，均集中於夏末、深秋及冬季。南部登革熱大於平均病例數月份為 6 月到 11 月，在夏秋兩季，佔所有異常病例次數的 79%。病例時間序，推知南部應為主要感染起源區。

將登革熱病例數異常高(平均值一個標準差以上)月份，均溫及最高、最低氣溫，分布連線及埃及、白線斑蚊最適溫度分布，製作成圖 11。圖 11 可見月均溫除中部、東部極端病例數少的區域外，全臺、北部、南部病例異常多時均溫，都分布於埃及、白線斑蚊最適溫度重疊區(紅色底圖、26-32°C)對可見，埃及斑蚊、白線斑蚊均為傳播登革熱的主要病媒蚊，但由中部及東部最多病例數分散，且中部最多病例溫度不在斑蚊適溫重疊區且偏低溫，故具白線斑蚊野外叮咬傳染可能。

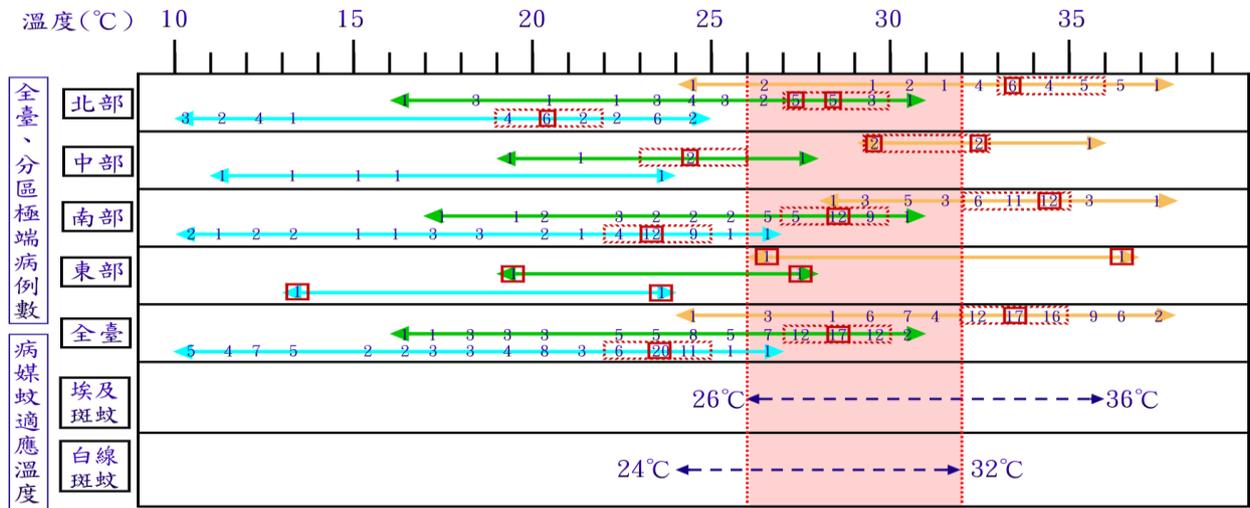


圖 11、各溫度範圍下登革熱病例數異常多平均/最高/最低氣溫與埃及斑蚊、白線斑蚊生存分布圖

五、針對南部登革熱病例數異常多月份 ONI 指數、氣溫、雨量，推估病例數爆發條件：

南部為本土登革熱主要起源地區，故本團隊針對南部登革熱病例數大爆發月份，ONI 指數、氣溫、雨量條件進行分析，試圖找到病例爆發時條件。統計南部病例數月份來說，一級危險月份為 8 月、9 月、10 月，其次為 6 月、7 月、11 月。

(一)圖表繪製說明：

1. 次數欄、列說明：針對台灣南部登革熱病例數異常多月份 ONI 指數、均溫、雨量進行次數統計，次數區分平均平均加一個標準差以上，用紅底呈現；平均至一個標準差間用橙底表示。
2. 表格內數值底色說明：將數值-月份交叉比對，在有數值的月份，若兩向量均為紅色便在數值上加紅色；兩數值一紅一橙，加橙色；兩橙則加綠色；若前後兩月有底色，雖無病例仍加較低程度底色，藉此呈現病例數爆發機率高低，區分危險度紅、橙、綠，如表 30 至表 32。
3. 數值-月份等值圖繪製：將其數值-月份分布繪製成等值圖，如圖 12 至圖 14，顏色數值如圖例所示。

(二)南部登革熱病例異常多月份 ONI 指數出現次數統計：

表 30、南部登革熱病例異常多月份 ONI 指數次數分布表

ONI 指數	-1.3--1.1	-1.1--0.9	-0.9--0.7	-0.7--0.5	-0.5--0.3	-0.3--0.1	-0.1-0.1	0.1-0.3	0.3-0.5	0.5-0.7	0.7-0.9	0.9-1.1	1.1-1.3	1.3-1.5	1.5-1.7	1.7-1.9	1.9-2.1	2.1-2.3	2.3-2.5	2.5-2.7	次數
1月																				2	2
2月	1									1											2
3月										1											1
4月											1										1
5月												1									1
6月					1			2			1										4
7月					1			1					1		1						4
8月							1							3		3					7
9月								1							2			3			7
10月						1			1							2			3		7
11月							1			1										4	6
12月																				3	3
次數	1	0	0	0	3	2	1	4	1	3	2	1	1	3	3	5	0	3	3	9	45

由表 30 可見最易發生登革熱病例數爆發 ONI 值及時間在 8 至 10 月 ONI 值 1.7-1.9 範圍(紅色區域)，其餘黃色、綠色區塊則零星分布。

由圖 12，南部登革熱病例數爆發 ONI 指數-月份分布圖，可見有兩區斜線分布明顯區塊及零星案例，討論如下：

1. I 區：ONI 數值 0.5 到 2.7(聖嬰至強聖嬰)隨月份增加，數值越高，且極端病例爆發機率增加，可能代表聖嬰指數越高 7-12 月爆發機率越高，越冷聖嬰 ONI 指數需要越高才會發生病例數爆發。
2. II 區：ONI 數值-0.5 到 0.7(正常值-弱聖嬰)隨月份增加，ONI 數值越高，也代表 ONI 正常值時也可能發生病例數爆發。
3. 零星案例：反聖嬰(ONI<-0.5)病例數爆發僅 1 次，代表反聖嬰發生不利登革熱傳播。1 月在強聖嬰也可能發生登革熱爆發，推測聖嬰造成暖冬，有利登革熱傳播。

整理以上結果，登革熱病例數出現異常多時 ONI 值有兩範圍-0.5 到+0.7(正常)、+1.3 到 +2.7(強聖嬰)呈現危險，其中 1.7-1.9、2.5-2.7 為一級危險。

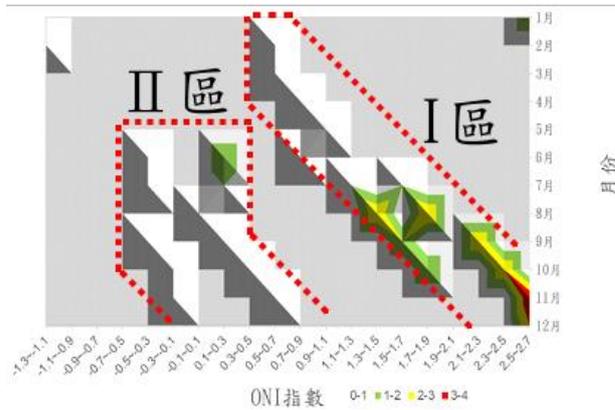


圖 12、南部登革熱病例異常多月份 ONI 指數次數分布圖

(三)南部登革熱病例異常多月份月均溫出現次數統計：

由表 31 可見最易發生登革熱病例數爆發月均溫及時間在 8、9 月氣溫 28-29°C 範圍(紅色區域)，其餘黃色、綠色區塊則零星分布。由圖 13，南部登革熱病例數爆發均溫-月份分布圖，病例數爆發溫度隨季節溫度變化明顯，病例數大多爆發在 6 至 11 月，溫度分布 24 至 29°C 間最明顯。

整理以上結果，登革熱病例數出現異常多時月均溫值範圍 26°C 到 30°C，其中 28°C 到 30°C 為一級危險。

表 31、南部登革熱病例異常多月份均溫次數分布表

均溫(度)	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	次數
1月						1	1								2
2月	1			1											2
3月							1								1
4月										1					1
5月												1			1
6月												1	3		4
7月												1	2	1	4
8月												4	3		7
9月											1	5	1		7
10月									1	2	4				7
11月					1		2	1	2						6
12月			1	1		1									3
次數	1	0	1	2	0	3	2	2	2	5	5	12	9	1	45

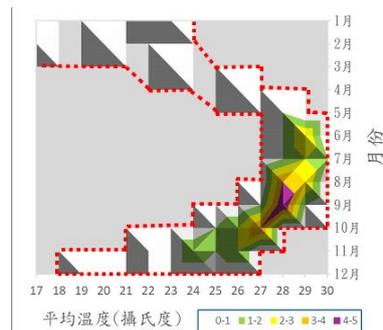


圖 13、南部登革熱病例異常多月份均溫次數分布圖

(四)南部登革熱病例異常多月份雨量出現次數統計：

表 32、南部登革熱病例異常多月份雨量次數分布表

雨量(mm)	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	501-550	551-600	601-650	651-700	701-750	751-800	801-850	851-900	901-950	次數
1月	2																			2
2月	2																			2
3月	1																			1
4月	1																			1
5月								1												1
6月				2			1	1												4
7月					2	1	1													4
8月					1			1	1		1	1	1							7
9月			1	2			1	1	1	1										7
10月	6	1																		7
11月	5	1																		6
12月	3																			3
次數	20	2	1	4	3	1	4	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	45

由表 32 可見最易發生登革熱病例數爆發月雨量及時間在 10 月雨量 0-50mm 範圍(紅色區域)，其餘黃色、綠色區塊則零星分布。

由圖 14，南部登革熱病例數爆發雨量-月份分布圖，病例數爆發雨量分布兩區塊：

1. 多雨區間：分布 150-500mm，病例數大多爆發在 6 至 9 月，但 8 月多雨可達 950mm。
2. 少雨區間：分布 0-50mm，病例數大多爆發在 10 至隔年 4 月，秋季(10 月、11 月)明顯，符合先前研究結果。

整理以上結果，登革熱病例數出現異常多時月雨量值範圍夏季、初秋 0-500mm，其中秋季 0-50mm 為一級危險。

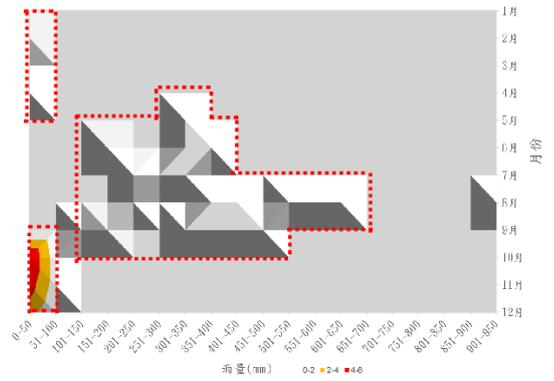


圖 14、南部登革熱病例異常多月份雨量次數分布圖

(五)綜合以上南部登革熱一級危險及危險範圍(參見表 33、圖 15)：

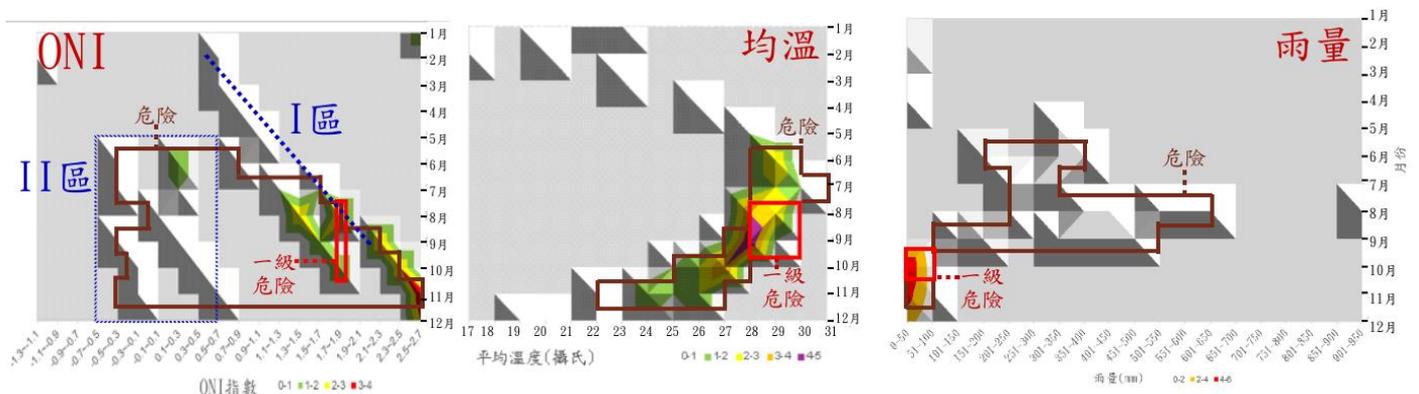
臺灣南部 6 月至 11 月為登革熱好發期間，故整理發生登革熱病例多時 ONI 值、月均溫、雨量預測範圍，如表 33。8 月至 10 月 ONI 值介於+1.7 至+1.9；7 月至 8 月月均溫 28°C 至 30°C；10 月月雨量 0-50mm，最可能發生登革熱病例數大爆發，為一級危險範圍。

綜合統計，6 月至 11 月 ONI 值夏季介於-0.5 至+1.9 間(平常至 3 至 4 倍聖嬰)、秋季-0.5 至+2.7 間(平常至 5 至 6 倍聖嬰)；月均溫夏季 28°C 到 31°C、秋季 22°C 到 30°C；月雨量夏季(6-8 月)、初秋(9 月)100 到 650mm、深秋 0-100mm 時，可能引發登革熱大爆發，是危險的範圍。

表 33、南部登革熱病例異常多可能 ONI 值、月均溫、雨量分布預測表

月份	一級危險範圍			危險範圍		
	ONI 值	月均溫	月雨量	ONI 值	月均溫	月雨量
6 月				-0.5~+0.9	28~30°C	150~400mm
7 月				-0.5~+1.7	28~31°C	200~350mm
8 月	+1.7~+1.9	28~30°C		-0.1~+1.9	28~30°C	200~650mm
9 月	+1.7~+1.9	28~30°C		-0.5~+2.3	27~30°C	100~500mm
10 月	+1.7~+1.9		0~50mm	-0.3~+2.5	25~28°C	0~100mm
11 月				-0.3~+2.7	22~27°C	0~100mm

圖 15、登革熱病例數異常一級危險及危險數值分布圖



伍、結論與未來展望

一、結論：

- (一) 計算臺灣每年各月全臺登革熱病例數與的聖嬰指數(SOI、ONI)相關係數，發現海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數相關性較高，故本研究針對海洋聖嬰指數(ONI)對台灣地區登革熱病例關聯性進行研究。
- (二) 進行分區各月登革熱病例數與的海洋聖嬰指數(ONI)相關係數，發現夏、秋、冬三季明顯較具相關性，區域則以南部最具相關性，代表聖嬰現象對登革熱疫情之影響時空；進行登革熱病例數異常多月份，聖嬰甚至強聖嬰發生率分區統計，發現8月至隔年2月極端連動性最高，區域同樣為南部最具極端連動性。整合以上相關性及極端連動性，發現除春季外，海洋聖嬰指數與登革熱疫情關聯度高，區域則以南部影響最顯著。
- (三) 分析海洋聖嬰指數(ONI)與台灣各區氣象因子的相關性，發現聖嬰現象發生時，氣溫上1月(ONI上升1.0，南部氣溫上升0.36°C最多)、4月、6月相較高溫(ONI上升1.0，北部氣溫上升0.46°C最多)、8月相較低溫(ONI上升1.0，中部氣溫下降0.18°C最多)，代表聖嬰年時易發生暖冬、春夏季提前、涼夏等現象；雨量方面，呈現1月(ONI上升1.0，南部雨量增加22mm最多)、3月、4月、8月(ONI上升1.0，北部雨量增加172mm)多雨、10月少雨(ONI上升1.0，北部雨量下降143mm最多)，代表聖嬰年時冬雨、春雨、夏季雷雨增加、秋雨減少等現象；日照時數方面，4月、10月(ONI上升1.0，北部日照時數增加9.4小時最多)、11月(ONI上升1.0，東部上升11.9小時最多)日照長、7月(ONI上升1.0，中部日照時數減少11.3小時)、8月(ONI上升1.0，南部日照時數減少2.2小時最多)日照短，代表聖嬰年時春、秋晴朗、夏季雲量多的現象。
- (四) 整合聖嬰現象影響登革熱疫情大爆發影響最明顯區域為南部，可能造成條件歸納有冬季1月份高溫多雨；夏季梅雨後期6月高溫，8月低溫、多雨、日照時數短；秋季前期9、10月少雨、後期10月、11月日照時數長，都可能增加登革熱病例數。其中2014-2015-2016、2018-2019、2023-2024為跨年聖嬰，後一年病例數均特多，推測可能為聖嬰年導致冬季高溫，不能抑制病媒蚊傳播，延續到隔年病例數暴增，故政府相關單位更需重視聖嬰年冬季登革熱防治。
- (五) 依據文獻斑蚊的適應溫度範圍，主要室內傳播登革熱的埃及斑蚊生存最適溫度為26°C至36°C，而室外傳播的白線斑蚊最適生存為24°C至32°C。分析登革熱異常多月份之溫度，發現全臺、北部、南部極端病例數較多區域均溫分布最多均在兩種病媒蚊最適溫度範圍重疊處(26°C-32°C)，兩病媒蚊共同傳播溫度範圍極端病例數必定最多。最高氣溫在病媒蚊可傳播溫度以上各區仍有極端病例數出現，可能與環境掩蔽有關，故高溫較難抑制病媒蚊傳播。最低氣溫在病媒蚊可傳播溫度以下並無極端病例數發生，代表低溫確實可抑制登革熱的傳播。
- (六) 針對南部登革熱病例數異常多月份 ONI 指數、氣溫、雨量，推估病例數爆發一級危險範圍為8月至10月 ONI 值介於+1.7至+1.9；7月至8月月均溫28°C至30°C；10月月雨量0-50mm。可能爆發二級危險範圍為 ONI 值夏季介於-0.5至+1.9間(平常至3至4倍聖嬰)、秋季-0.5至+2.7間(平常至5至6倍聖嬰)；月均溫夏季28°C到31°C、秋季22°C到30°C；月雨量夏季(6-8月)、初秋(9月)100到650mm、深秋(10月、11月)0-100mm時，可能發生登革熱病例數大爆發。

二、未來展望：

- (一)透過此次研究本團隊發現，登革熱病例數會受到氣溫、雨量、日照時數等多種因素影響，但並非完全，需考慮的配對因素，如地理環境、植物分布、建築方式、人體免疫力等，且在不同月份、區域可能結果就有所不同，難以預測。由於本團隊的研究時間不足而導致無法加深探討是否還有其他聖嬰現象影響因子與登革熱的傳播有相關性，故除此之外，未來應考慮有無更多其他因素及影響比重造成登革熱感染病例數的增減。或許改變趨勢變化計算模式，進行預估，會得到更好的預測結果。
- (二)由於本次研究受限於某些城市沒有設置氣象站，或者是原本的氣象站遭到拆除，導致無法取其氣溫、雨量與病例數的相關係數，進而無法分析該地登革熱病例是否受天氣因子影響，像是苗栗及雲林等。除此之外，某些縣市的病例少導致相關係數不夠精準，如 2008 年至 2023 年北部測站僅有 7 年有病例數據。綜合上述所說，本團隊希望未來能進行更長期的資料研究，除了增加測站資料，也拉長觀察年份，也許可找到一些不同的趨勢及觀點。

陸、參考文獻資料

- (一)衛生福利部疾病管制署。2002 年 7 月 31 日。聖嬰現象引起全球傳染病之改變。2024 年 1 月 23 日，取自 https://www.cdc.gov.tw/Category/ListContent/z31-ni_hN8XQhdqusEuKQA?uaid=goszzYb8Uc1NVK-jUMBcPA
- (二)國家網路醫藥網站。2019 年 5 月 8 日。全球爆發登革熱大流行，超級聖嬰現象為主要原因。2024 年 1 月 23 日，取自 <https://www.kingnet.com.tw/news/single?newId=36624>
- (三)中央通訊社。2023 年 10 月 3 日。登革熱單週增 2542 本土病例創新高 累計破 1.3 萬例。2024 年 1 月 23 日，取自 <https://www.cna.com.tw/news/ahel/202310030170.aspx>
- (四)衛生福利部疾病管制署。2001 年 7 月 24 日。認識埃及斑蚊及白線斑蚊，勤倒積水，嚴防登革熱。2024 年 1 月 23 日，取自 https://www.cdc.gov.tw/Category/ListContent/z31-ni_hN8XQhdqusEuKQA?uaid=Ap4Y1rnW8sxbzYQ-jj2SxQ
- (五)維基百科。2023 年 12 月 1 日。68 - 95 - 99.7 法則。2024 年 1 月 23 日，取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/68%E2%80%9395%E2%80%9399.7%E6%B3%95%E5%89%87>
- (六)Lauren B. Carrington, M. Veronica Armijos, Louis Lambrechts, Christopher M. Barker, Thomas W. Scott(2013). Effects of Fluctuating Daily Temperatures at Critical Thermal Extremes on *Aedes aegypti* Life-History Traits. *PLoS ONE*, 8(3):e58824. 取自 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058824>
- (七)屏東縣政府全球資訊網。傳播登革熱之病媒蚊。2024 年 1 月 23 日。取自 <https://reurl.cc/673gAV>
- (八)錢信帆。登革熱/屈公病病媒蚊生態及習性介紹。2024 年 1 月 23 日，取自 <https://www.cdc.gov.tw/Uploads/files/201803/915b672c-fa8b-4b1d-8485-258ca43b752a.pdf>
- (九)陳易呈、陳彥圻、鄧華真、舒佩芸、李淑英(2019 年 7 月 9 日)。埃及斑蚊及白線斑蚊之生態特性及傳播病毒能力的文獻回顧。疫情報導, 35(13)。2024 年 1 月 23 日，取自 <https://www.cdc.gov.tw/Uploads/90462e88-a274-4477-9fee-5640c010afee.pdf>

- (十)維基百科。2023年10月20日。白線斑蚊。2024年1月23日，取自
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%99%BD%E7%B4%8B%E4%BC%8A%E8%9A%8A>
- (十一)維基百科。2024年2月6日。埃及斑蚊。2024年1月23日，取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%83%E5%8F%8A%E6%96%91%E8%9A%8A>
- (十二)衛生福利部疾病管制署。2019。防蚊篇。2024年1月23日，取自
<https://www.cdc.gov.tw/Category/QAPage/7EK9XTR8z3bCH1-ovNluEw>
- (十三)傳染病統計資料查詢系統。登革熱病例數，取自 <https://nidss.cdc.gov.tw/>
- (十四)中央氣象署網站。氣候監測。2023年9月10日，取自
<https://www.cwa.gov.tw/V8/C/D/publication.html>
- (十五)美國海洋及氣象總署(NOAA)網站。Southern Oscillation Index。2023年9月10日，取自
<https://www.noaa.gov/>
- (十六)美國海洋及氣象總署(NOAA)網站。Cold & Warm Episodes by Season(ONI)。2023年9月10日，取自
https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- (十七)李進學(1994年3月1日)。白線斑蚊卵、幼蟲及蛹之發育。臺灣昆蟲第14期，P14-P32。2024年5月3日，取自
<http://entsocjournal.yabee.com.tw/AlldataPos/JournalPos/Vol14/No1/TESFE.1994002.PDF>
- (十八)Oliver J Brady, Michael A Johansson, Carlos A Guerra, Samir Bhatt, Nick Golding, David M Pigott, Hélène Delatte, Marta G Grech, Paul T Leishnam, Rafael Maciel-de-Freitas, Linda M Styer, David L Smith, Thomas W Scott, Peter W Gething & Simon I Hay. (2013). Modelling adult *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* survival at different temperatures in laboratory and field settings. *Parasites & Vectors*, 6, 351. <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-6-351>

●註：

圖1引用來源：國立臺灣大學網站。常態分布。2023年9月10日，取自

<http://homepage.ntu.edu.tw/~clhsieh/biostatistic/4/4-1.htm>

圖8引用來源：Lauren B. Carrington, M. Veronica Armijos, Louis Lambrechts, Christopher M. Barker, Thomas W. Scott(2013). Effects of Fluctuating Daily Temperatures at Critical Thermal Extremes on *Aedes aegypti* Life-History Traits. *PLoS ONE*, 8(3):e58824. 取自 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058824>

圖9引用來源：Oliver J Brady, Michael A Johansson, Carlos A Guerra, Samir Bhatt, Nick Golding, David M Pigott, Hélène Delatte, Marta G Grech, Paul T Leishnam, Rafael Maciel-de-Freitas, Linda M Styer, David L Smith, Thomas W Scott, Peter W Gething & Simon I Hay. (2013). Modelling adult *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* survival at different temperatures in laboratory and field settings. *Parasites & Vectors*, 6, 351. <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-6-351>

上述圖片引自他處，其他圖片均為作者親自製作。

【評語】 051902

本研究探討聖嬰現象與登革熱病例數的關聯性，有助於了解登革熱的流行趨勢。利用台灣 2008 年至 2023 年的登革熱病例數、海洋聖嬰指數(ONI)、天氣因子(如氣溫、雨量、日照時數)等資料，進行相關係數分析與迴歸分析，資料廣泛且時間跨度長，研究結果可提供參考。研究中雖然使用了迴歸曲線推算登革熱病例數與 ONI 的變化趨勢，但對模型預測能力的驗證較少，建議未來在迴歸模型中還可將人口密度、社會經濟狀況、環境衛生等因素納入分析，如此模型的解釋能力與預測能力應該會更好。研究結果說明臺灣登革熱病例數與聖嬰指數於 8 月至 2 月（秋冬季）關聯性高。值得嘗試繪製各地區之逐月氣溫與雨量趨勢以為檢視。

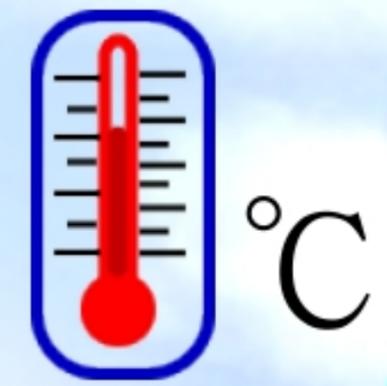
作品簡報



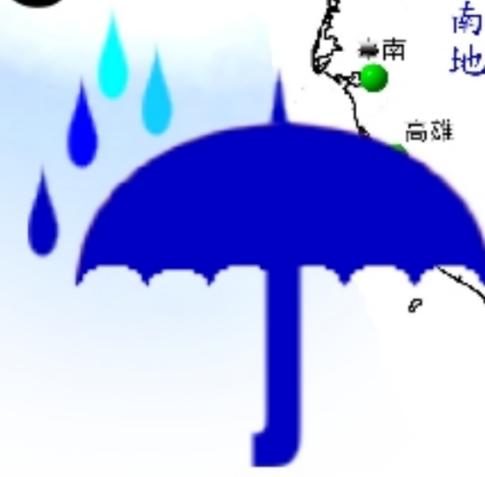
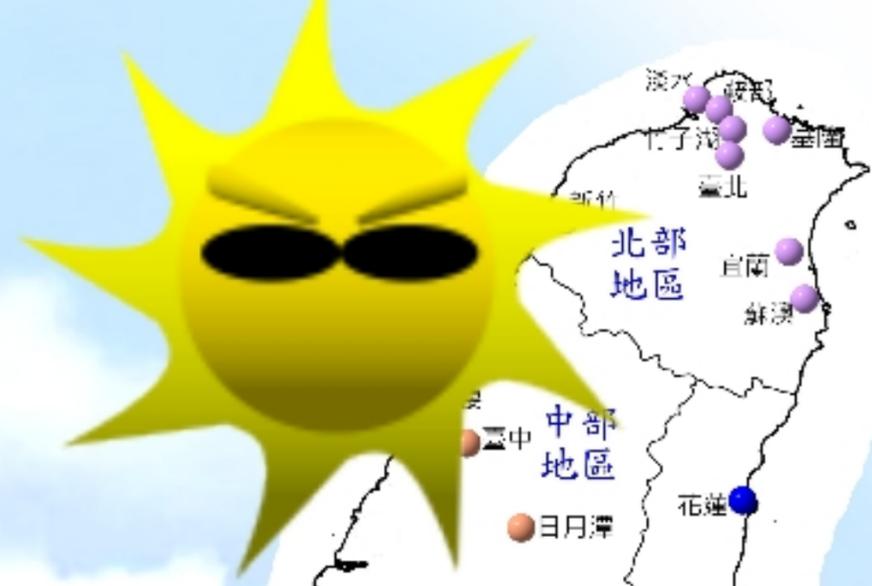
革凡登聖一

臺灣地區登革熱好發之
與太平洋聖嬰現象之
天氣因子變動關聯探討

ONI



°C



摘要

2023至2024年臺灣登革熱病例激增，國際研究指出太平洋區聖嬰現象指數(ONI與SOI)與登革熱病例數具正相關，推測聖嬰影響氣溫及雨量，增加登革熱病媒蚊傳播。故分析臺灣登革熱病例數與聖嬰指數相關性，顯示ONI值8月至2月關聯性高，兩病媒蚊均具傳播貢獻，且主要病源為南部。

登革熱病例數與聖嬰期間天氣因子關聯，則以8-10月ONI值1.7~1.9；8、9月均溫28~30°C；10月雨量0~50mm為登革熱爆發最多的範圍。數據呈現ONI上升1.0南部1月氣溫可上升0.28°C，表明若聖嬰持續跨年，如2023-2024，可使冬季溫度激升，病媒蚊持續生長，造成病例數激增，故政府更需重視聖嬰年冬季登革熱防治。

壹、前言

一、研究動機：

由於2023-2024年台灣本土登革熱病例數相較以往幾年呈現大幅的增加，國際研究組織指出，登革熱病例數與聖嬰現象有關。聖嬰現象引發的氣候變化使得原本就潮濕溫暖的太平洋地區，氣溫更加溫暖，雨量更加豐沛，導致病媒蚊之大量繁殖，增加登革熱發生率。(疾病管制署網站，2002)

政府對於登革熱疫情的防治僅在夏季，冬季並沒有相關的宣導防治，難道冬天就不會有登革熱傳播病例嗎？2023年的冬季到2024年春季登革熱疫情仍持續，所以冬季也是有可能會造成登革熱爆發。

本團隊利用計算台灣各月分區登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)、南方震盪指數(SOI)之相關係數，並觀察登革熱病例數異常多的月份是否也出現聖嬰，甚至強聖嬰，探討登革熱病例數與聖嬰指數的極端連動性，整合以上兩項找到關聯性，並推算趨勢。也藉分析聖嬰現象與臺灣分區之天氣因子相關性，探討聖嬰與登革熱盛行月份之特徵及變化趨勢。並嘗試利用病媒蚊生長習性，解釋聖嬰發生與登革熱傳播可能原因，找到登革熱病例數爆發之天氣因子特徵。

二、研究目的：

- (一)以月為單位計算兩種聖嬰指數(海洋聖嬰指數ONI、南方震盪指數SOI)與臺灣登革熱病例數之相關係數，藉此比較何種指數與臺灣登革熱傳播較具相關性。
- (二)利用聖嬰指數與登革熱分區病例數的相關係數計算及檢視登革熱病例數異常多時是否發生聖嬰現象，藉此推知臺灣各地區登革熱病例數是否與聖嬰現象有關聯性(相關性+極端值連結)，並推算出聖嬰影響病例數增加趨勢。
- (三)計算海洋聖嬰指數(ONI)與臺灣各區測站天氣因子相關係數，藉由達中度相關測站比例，找出聖嬰現象與臺灣各區天氣因子的相關性，包含氣溫、雨量、日照時數，並推算出聖嬰指數對天氣因子影響趨勢。
- (四)藉由登革熱病例數與聖嬰發生時相關性高的天氣因子，找出各月分區登革熱病例數異常多之特定氣象條件，並試圖用天氣因子變化預估登革熱病例數。
- (五)藉分析登革熱病例數異常時臺灣及分區縣市測站均溫/最高氣溫/最低氣溫數值，找出登革熱病例數異常多時之溫度分布趨勢，並與病媒蚊生活習性進行對比，找出登革熱最可能傳播氣溫分布。
- (六)針對登革熱起源地南部病例數異常多月份分析ONI指數、氣溫、雨量特徵，推估病例數爆發條件。

表1、病媒蚊-白線斑蚊與埃及斑蚊比較表

病媒蚊	白線斑蚊	埃及斑蚊
棲息地	室外	室內
活動時間	日間	黃昏、黎明
耐寒程度	高	低
蟲卵孵化耐旱程度	乾旱6個月以上仍可孵化	乾燥3個月仍可孵化
雌蚊	吸人血、哺乳動物血	吸人血
雄蚊	不吸人血以植物汁維生	不吸人血以植物汁維生
成蚊壽命(天)	雌:14天、雄:15天	雌:30天、雄:15天
吸血特性	單一對象，警覺性低	多個對象，警覺性高
傳播速度	慢	快
天敵	食蚊魚、水生昆蟲、壁虎、鳥類、蝙蝠、蜻蜓等	食蚊魚、水生昆蟲、壁虎、鳥類、蝙蝠、蜻蜓等
最適溫度範圍	24-32°C	26-36°C

資料出處：此表由本團隊自行繪製(資料來自：屏東縣政府全球資訊網，2024；登信訊，2024；陳易呈等，2019)。

貳、研究設備及器材

一、研究設備：

電腦一台、網路、excel軟體、PHOTOIMPCT軟體。

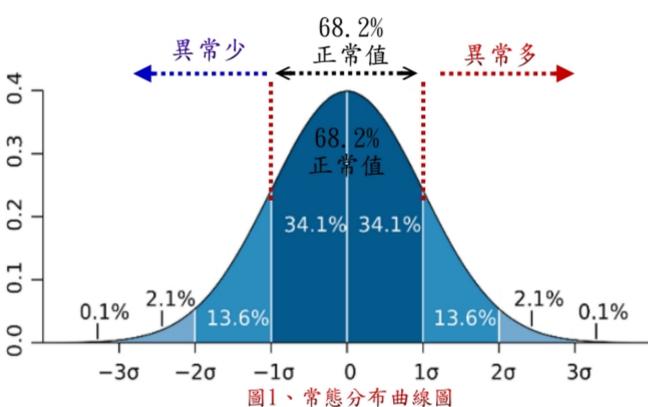
二、資料來源

- (一)海洋聖嬰指數(ONI)、南方震盪指數(SOI)：美國國家海洋及氣象總署(NOAA)網站。
- (二)氣象資料：中央氣象署網站。
- (三)各縣市登革熱病例數：傳染病統計資料查詢系統。

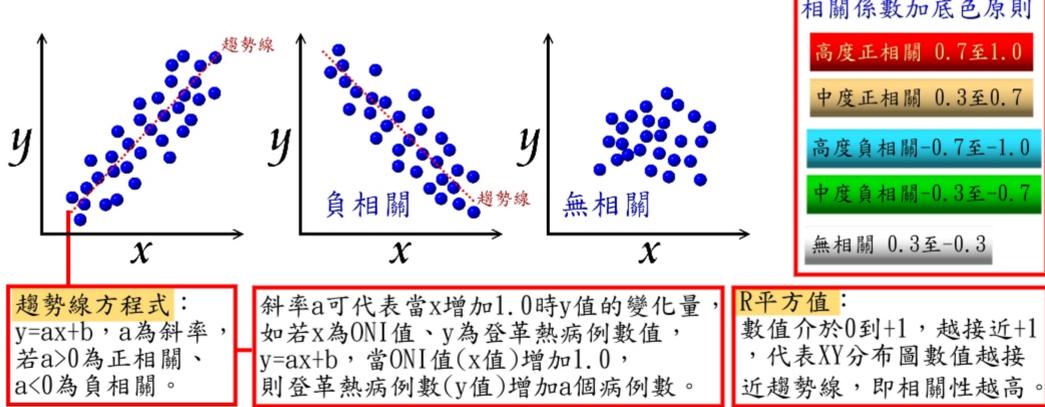
參、研究過程及方法

一、研究原理及分區氣象測站數位置說明：

(一)常態分佈與極端值(圖1)：

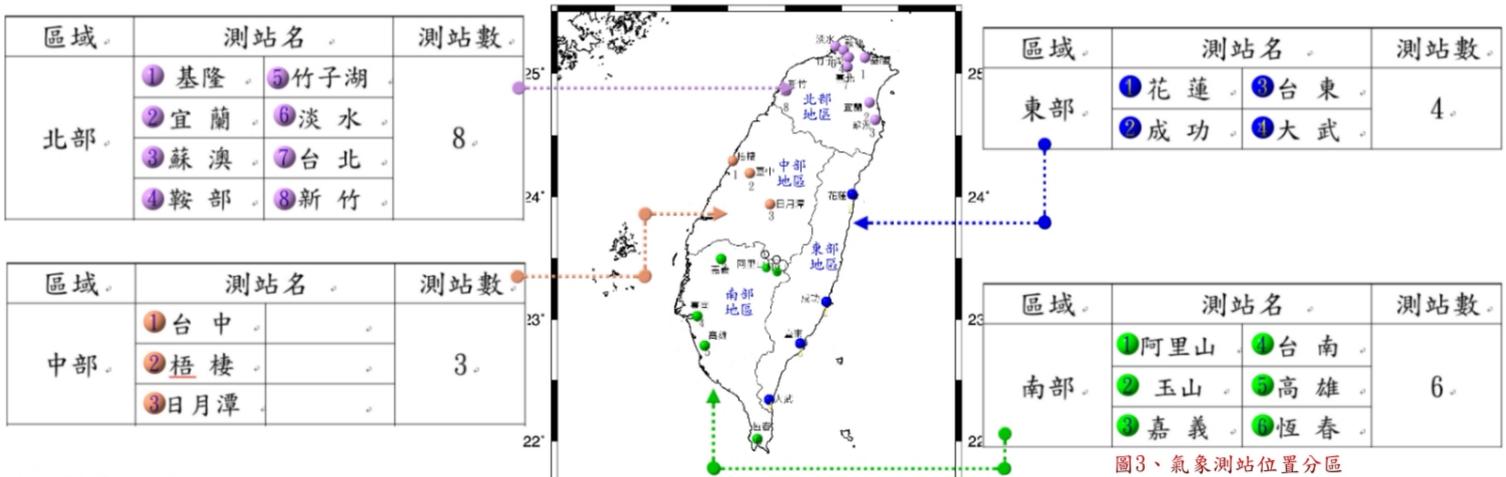


(二)相關係數、XY分布圖趨勢線方程式與R平方值(圖2)：



(三)氣象測站位置分區：

本研究分析2008年至2023年分月氣象資料(氣溫、雨量、日照時數)資料與海洋聖嬰指數(ONI)進行相關係數分析，測站位置及分區如圖3。



二、研究流程：

(一)登革熱病例數與聖嬰的時空關聯性探討

1. 比較海洋聖嬰指數(ONI)、南方震盪指數(SOI)與登革熱病例數相關性。登革熱病例數與海洋聖嬰指數，找出分區分月相關性，並著色分析。
2. 統計登革熱病例數異常多時是否發生聖嬰或強聖嬰，找出分區極端天氣、異常病例是否連動，找出極端連動性。
3. 統計登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關性與異常連動性，找出最有關聯之時空分布。利用回歸趨勢線，推算登革熱病例數隨海洋聖嬰指數(ONI)的變化趨勢。

SOI	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全部	0.53	-0.43	-0.01	-0.27	0.17	-0.28	-0.48	0.11	0.11	0.24	0.33	0.33
北部												
中部												
南部	0.50	-0.43	-0.01	-0.27	0.18	-0.28	-0.27	0.10	0.10	0.28	0.26	0.40



數值	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北部	3	0	0	0	0	2	0	2	2	2	3	3
中部	3	0	0	0	2	2	2	2	4	4	4	3
南部	4	3	1	0	1	1	1	4	4	3	3	4
東部	2	0	0	0	0	0	0	3	3	4	3	3



採用相關係數較高指數

(二) 海洋聖嬰指數與分區氣象因子的相關性探討

1. 計算聖嬰指數(ONI)與臺灣各分區測站相關係數。 → 2. 分區統計達中度相關測站百分比，並設定達25%以上測站代表具相關性。並推算天氣因子隨聖嬰變化趨勢，列出趨勢線公式。 → 3. 由聖嬰指數預測登革熱病例爆發時空分布，推算天氣因子隨ONI的變化趨勢，嘗試預測病例數。



(三) 登革熱病例數異常多時各區氣溫分布及推估危險特徵探討

1. 文獻搜尋埃及、白線斑蚊適合生存氣溫，了解病媒蚊生長所需環境溫度，並試圖解釋登革熱病例數暴增可能溫度環境原因。 → 2. 全臺登革熱病例數異常多時平均/最高/最低氣溫分布，了解全臺登革熱發生病例爆發溫度分布及分區差異情況。 → 3. 統計南部登革熱病例數異常多時，各月ONI值、均溫、雨量分布，推估登革熱病例爆發條件。

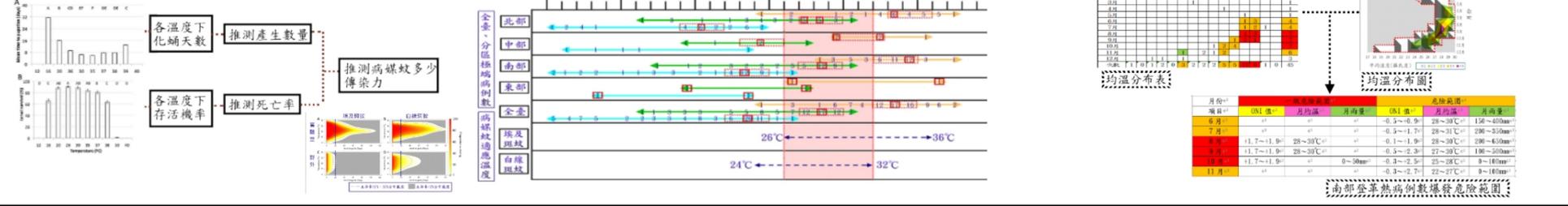
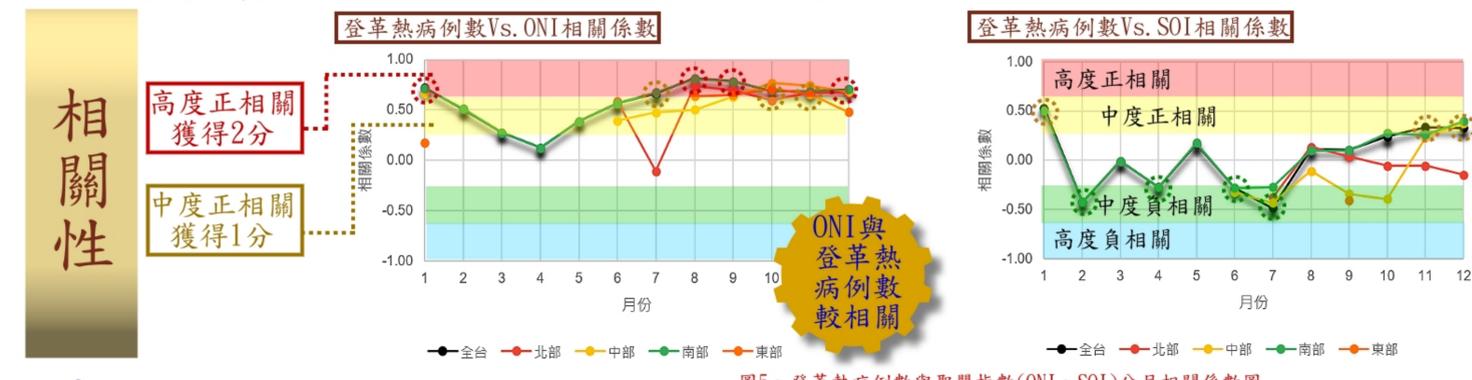


圖4、三步驟研究流程圖

肆、研究結果及討論

一、各季節臺灣分區登革熱病例數與聖嬰指數相關性與極端連動性探討：
(一)登革熱病例數與聖嬰指數(ONI、SOI)相關性探討：

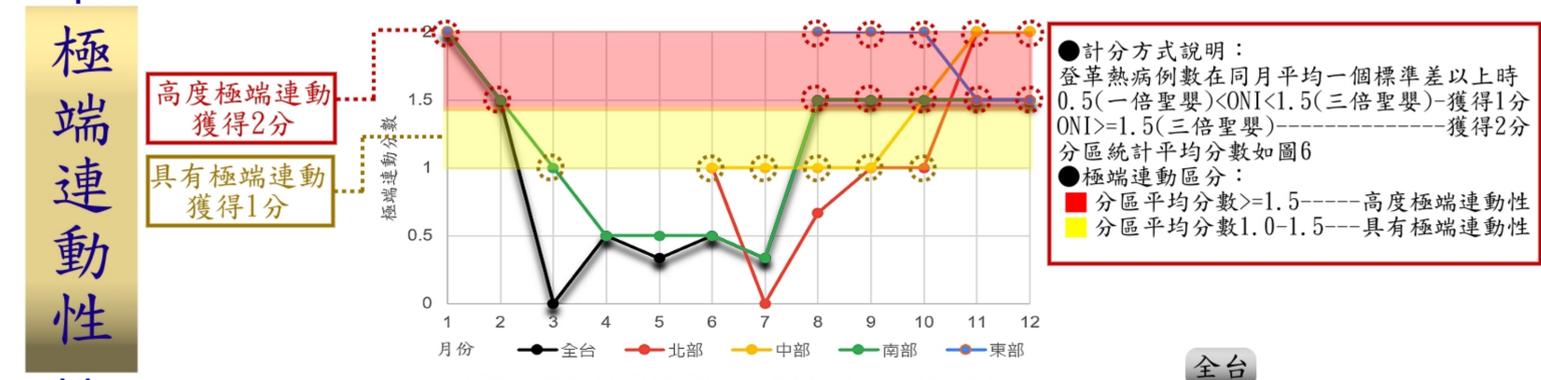


相關性與極端連動性底色說明

- 高度正相關 (紅色)
- 極端連動1.5分以上 (綠色)
- 中度正相關 (黃色)
- 極端連動1.0至1.5分 (藍色)
- 中度負相關 (淺綠色)
- 高度負相關 (淺藍色)

1. 臺灣登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)較具相關性。
2. 臺灣登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)在8月至隔年1月部分區域可達高度相關。
3. 南部最具相關性，高度相關達4個月最多。

(二)登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)極端連動性探討：



登革熱病例數異常多時，發生聖嬰甚至強聖嬰的連動性：
1. 高度連動性發生在8月至隔年2月。
2. 部分分區具有連動性發生在2月、6月及7月

(三)登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數與極端連動性統計找出關聯性：

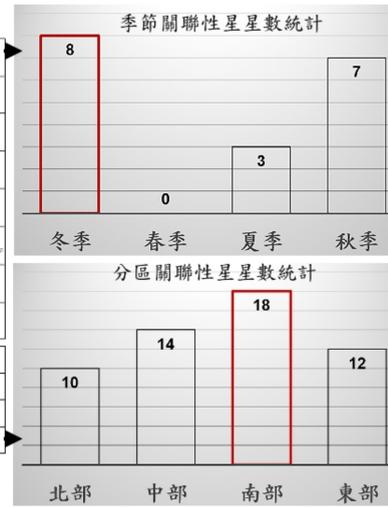
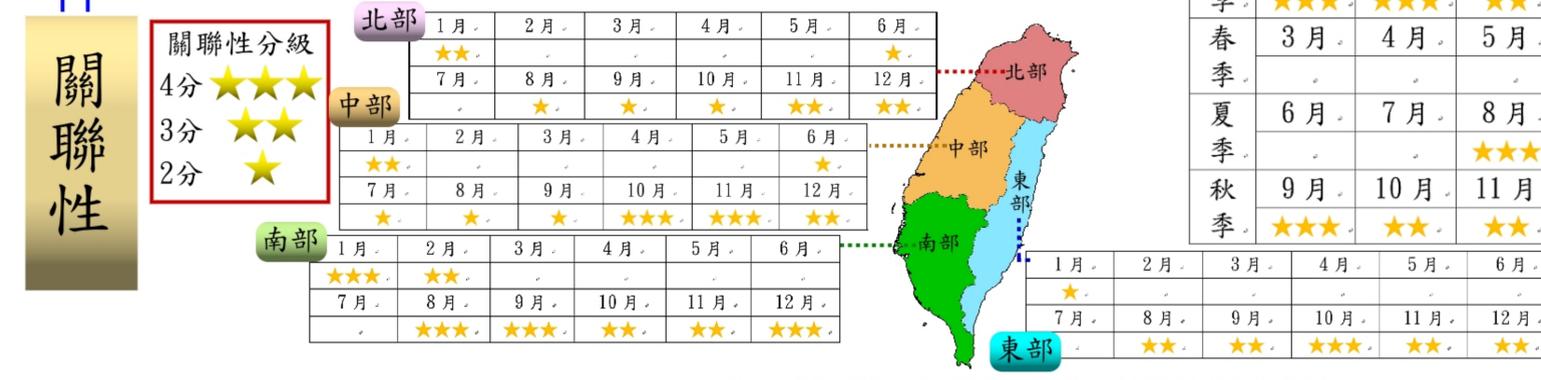


圖7、登革熱病例數與海洋聖嬰指數(ONI)分月關聯性星星數(分數)圖

二、海洋聖嬰指數(ONI)與台灣各區氣象因子的相關性且與登革熱疫情增加之特徵探討：
(一)臺灣各月氣溫、雨量、日照時數與海洋聖嬰指數(ONI)相關係數統計：

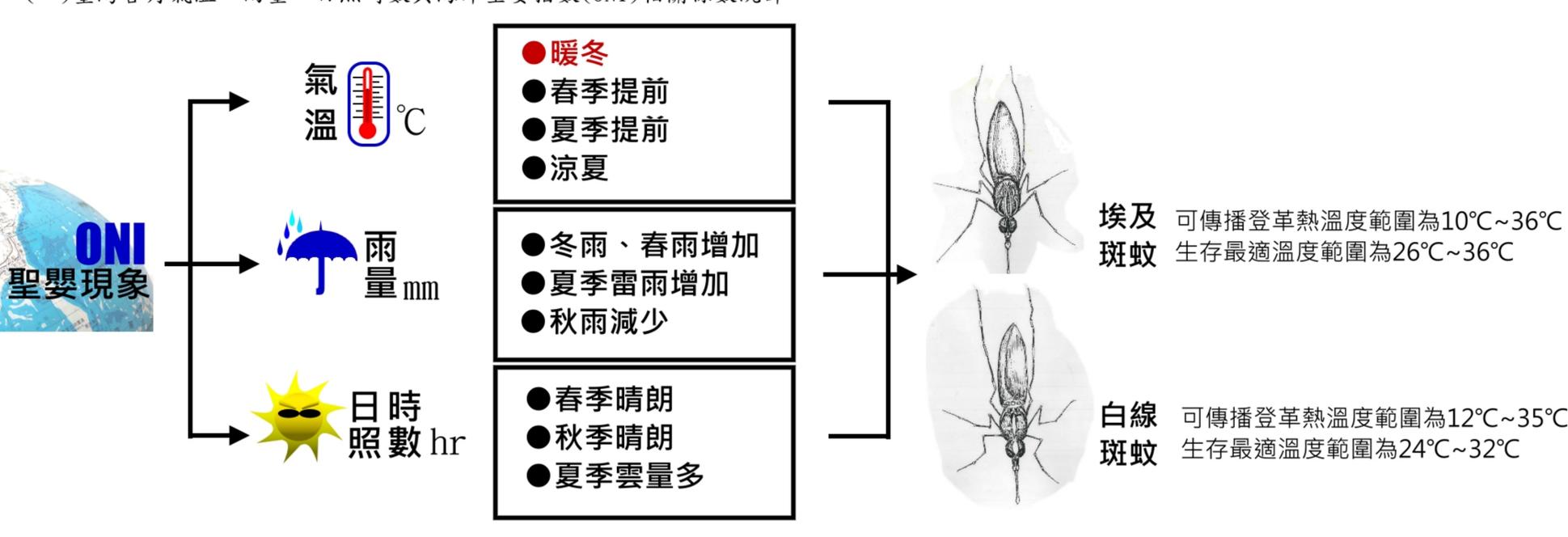


圖8、臺灣各月各測站氣溫、雨量、日照時數與海洋聖嬰指數(ONI)相關性及病媒蚊適應溫度圖

(二)嘗試由天氣因子預測臺灣南部登革熱病例數過程艱難：

1. 各月份分區登革熱病例數極多海洋聖嬰(ONI)發生時天氣現象特徵連結：

月份	氣溫	雨量	日照時數
1月	$y = 0.36x + 15.12$ $R^2 = 0.13$ 平均15.0°C	$y = -6.9x + 226.1$ $R^2 = 0.01$ 平均227.0mm	$y = -0.9x + 201.3$ $R^2 = 0.02$ 平均160.0小時
6月	$y = 0.48x + 26.72$ $R^2 = 0.09$ 平均26.7°C	$y = 172.4x + 284$ $R^2 = 0.38$ 平均287.0mm	$y = -11.3x + 184.8$ $R^2 = 0.14$ 平均184.8小時
8月	$y = 0.18x + 27.7$ $R^2 = 0.03$ 平均27.7°C	$y = -76.4x + 253.4$ $R^2 = 0.08$ 平均256.0mm	$y = -2.2x + 149.0$ $R^2 = 0.11$ 平均149.0小時
10月	$y = 0.44x + 104.2$ $R^2 = 0.13$ 平均104.2°C	$y = 4.5x + 338.0$ $R^2 = 0.01$ 平均376.4mm	$y = 1.21x + 168.9$ $R^2 = 0.04$ 平均168.9小時
11月	$y = 1.16x + 31.11$ $R^2 = 0.35$ 平均31.1°C	$y = -2.3x + 18.2$ $R^2 = 0.09$ 平均18.2mm	$y = 7.11x + 192.37$ $R^2 = 0.09$ 平均191.0小時

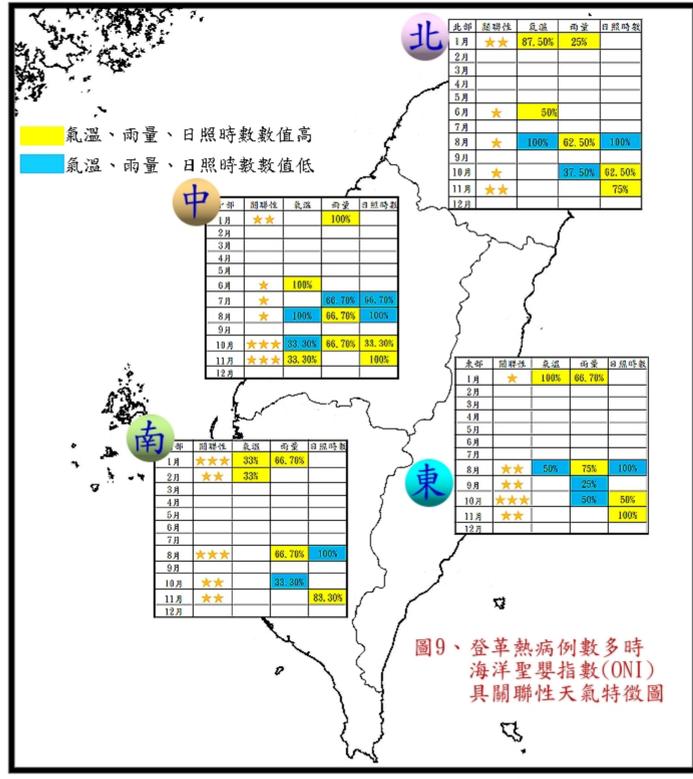


表2、登革熱病例數多時各區海洋聖嬰指數(ONI)具關聯性之氣特徵趨勢線公式表

2. 嘗試由天氣因子變化推估登革熱病例數的困難：

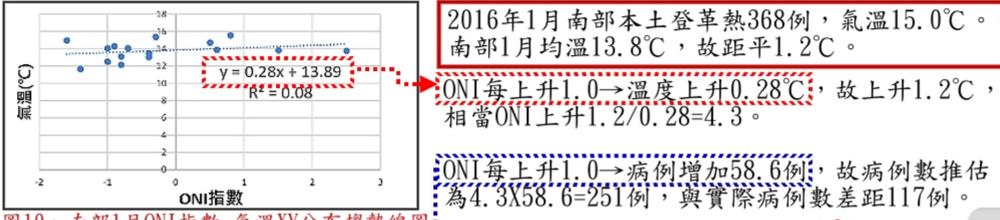


圖10、南部1月ONI指數-氣溫XY分布趨勢線圖

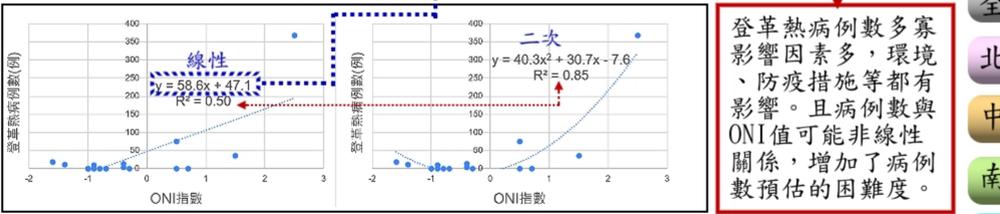


圖11、南部1月ONI指數-登革熱病例數XY分布趨勢線圖

登革熱病例數多寡影響因素多，環境、防疫措施等都有影響。且病例數與ONI值可能非線性關係，增加了病例數預估的困難度。

表3、海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數XY分布圖趨勢線公式表

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月
北部	$y = 0.8x + 0.2$					
中部	$y = 3.3x + 1.3$					
南部	$y = 48.5x + 26.1$					
東部	$y = 0.2x + 0.3$					

三、臺灣中部及南部登革熱病例異常多時平均/最高/最低氣溫分布情況比較分析：

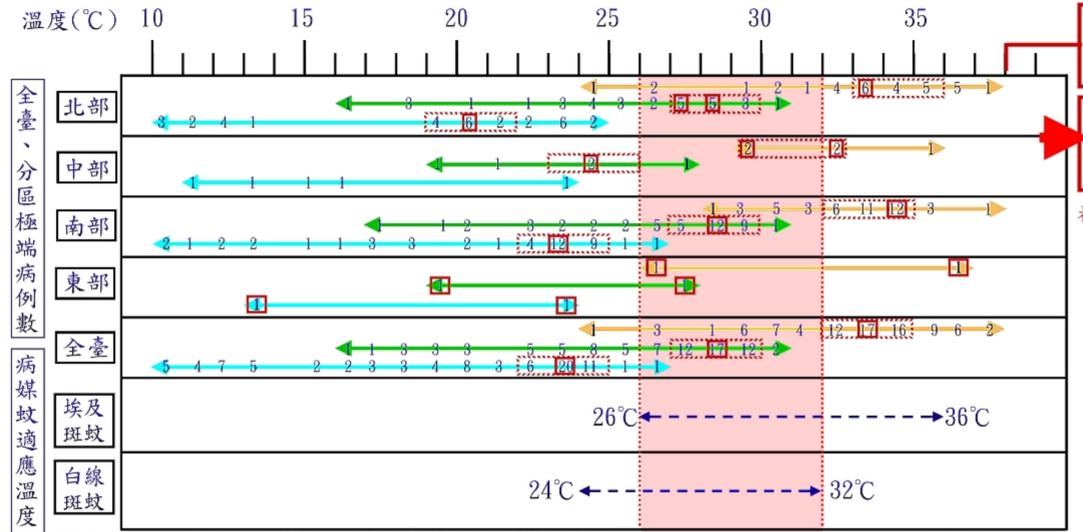


圖12、各溫度範圍下登革熱病例數異常多平均/最高/最低氣溫與埃及斑蚊、白線斑蚊生存分布圖

均溫3度內最多病例數，除病例少中部、東部不可參考外均溫(↔)均落在埃及、白線斑蚊最適溫度範圍，代表兩病媒蚊對病例數均有貢獻。

表3、2008-2023登革熱1、2月全臺本土病例數與冬季ONI指數及氣溫距平值表

年份	1月+2月病例數	12月ONI值	氣溫距平	1月ONI值	氣溫距平	2月ONI值	氣溫距平
2008-2009	0	-0.7	0.1	-0.8	-1.0	-0.8	2.7
2009-2010	35	1.6	-0.8	1.5	0.3	1.2	0.9
2010-2011	15	-1.6	-0.6	-1.4	-2.4	-1.2	-0.7
2011-2012	13	-1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8
2012-2013	15	-0.2	-0.2	-0.4	-0.1	-0.4	1.5
2013-2014	14	-0.3	-1.3	-0.4	-0.3	-0.5	-0.8
2014-2015	90	0.7	-1.4	0.5	-0.2	0.5	-0.3
2015-2016	369	2.6	1.1	2.5	0.0	2.1	-1.3
2016-2017	0	-0.6	1.6	-0.3	1.5	-0.2	-0.4
2017-2018	0	-1	-0.1	-0.9	0.2	-0.9	-1.3
2018-2019	1	0.8	1.8	0.7	1.7	0.7	2.1
2019-2020	0	0.3	0.5	0.3	1.1	0.2	0.7
2020-2021	0	-1.2	0.5	-1	-1.2	-0.9	0.8
2021-2022	0	-1	0.2	-1	0.5	-0.9	-0.9
2022-2023	0	-0.8	-0.7	-0.7	0.1	-0.4	0.4
2023-2024	185	2.0	0.7	1.8	0.1	1.5	0.9

黃底為跨年聖嬰 藍底為聖嬰又高溫

四、針對南部登革熱病例數異常多月份ONI指數、氣溫、雨量，推估病例數爆發條件：

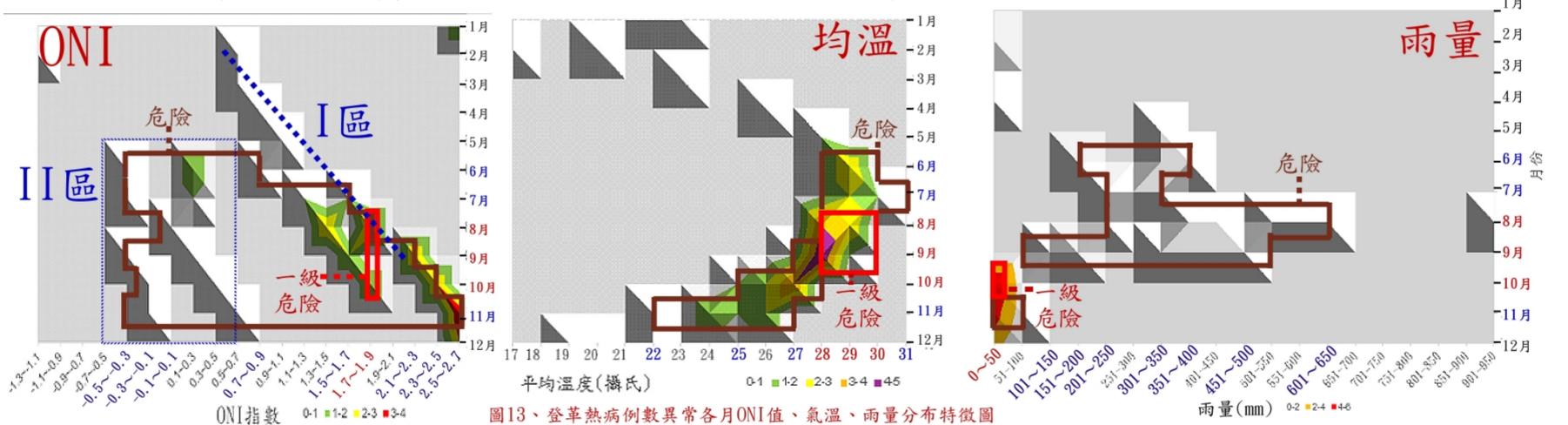


圖13、登革熱病例數異常各月ONI值、氣溫、雨量分布特徵圖

伍、結論

- 計算臺灣每年各月全臺登革熱病例數與的聖嬰指數(SOI、ONI)相關係數，發現海洋聖嬰指數(ONI)與登革熱病例數相關性較高，故本研究針對海洋聖嬰指數(ONI)對台灣地區登革熱病例關聯性進行研究。
- 進行分區各月登革熱病例數與的海洋聖嬰指數(ONI)相關係數，發現夏、秋、冬三季明顯較具相關性，區域則以南部最具相關性，代表聖嬰現象對登革熱疫情之影響時空；進行登革熱病例數異常多月份，聖嬰甚至強聖嬰發生率分區統計，發現8月至隔年2月極端連動性最高，區域同樣為南部最具極端連動性。整合以上相關性及極端連動性，發現除春季外，海洋聖嬰指數與登革熱疫情關聯度高，區域則以南部影響最顯著。
- 分析海洋聖嬰指數(ONI)與台灣各區氣象因子的相關性，發現聖嬰現象發生時，氣溫上1月(ONI上升1.0，南部氣溫上升0.36°C最多)、4月、6月相較高溫(ONI上升1.0，北部氣溫上升0.46°C最多)、8月相較低溫(ONI上升1.0，中部氣溫下降0.18°C最多)，代表聖嬰年時易發生暖冬、春夏季提前、涼夏等現象；雨量方面，呈現1月(ONI上升1.0，南部雨量增加22mm最多)、3月、4月、8月(ONI上升1.0，北部雨量增加172mm)多雨、10月少雨(ONI上升1.0，北部雨量下降143mm最多)，代表聖嬰年時冬雨、春雨、夏季雷雨增加、秋雨減少等現象；日照時數方面，4月、10月(ONI上升1.0，北部日照時數增加9.4小時最多)、11月(ONI上升1.0，東部上升11.9小時最多)日照長、7月(ONI上升1.0，中部日照時數減少11.3小時)、8月(ONI上升1.0，南部日照時數減少2.2小時最多)日照短，代表聖嬰年時春、秋晴朗、夏季雲量多的現象。
- 整合聖嬰現象影響登革熱疫情大爆發影響最明顯區域為南部，可能造成條件歸納有冬季1月份高溫多雨；夏季梅雨後期6月高溫，8月低溫、多雨、日照時數短；秋季前期9、10月少雨、後期10月、11月日照時數長，都可能增加登革熱病例數。其中2014-2015-2016、2018-2019、2023-2024為跨年聖嬰，後一年病例數均特多，推測可能為聖嬰年導致冬季高溫，不能抑制病媒蚊傳播，延續到隔年病例數暴增，故政府相關單位更需重視聖嬰年冬季登革熱防治。
- 依據文獻斑蚊的適應溫度範圍，主要室內傳播登革熱的埃及斑蚊生存最適溫度為26°C至36°C，而室外傳播的白線斑蚊最適生存為24°C至32°C。分析登革熱異常多月份之溫度，發現全臺、北部、南部極端病例數較多區域均溫分布最多均在兩種病媒蚊最適溫度範圍重疊處(26°C-32°C)，兩病媒蚊共同傳播溫度範圍極端病例數必定最多。最高氣溫在病媒蚊可傳播溫度以上各區仍有極端病例數出現，可能與環境掩蔽有關，故高溫較難抑制病媒蚊傳播。最低氣溫在病媒蚊可傳播溫度以下並無極端病例數發生，代表低溫確實可抑制登革熱的傳播。
- 針對南部登革熱病例數異常多月份ONI指數、氣溫、雨量，推估病例數爆發一級危險範圍為8月至10月ONI值介於+1.7至+1.9；7月至8月月均溫28°C至30°C；10月月雨量0-50mm。可能爆發二級危險範圍為ONI值夏季介於-0.5至+1.9間(平常至3至4倍聖嬰)、秋季-0.5至+2.7間(平常至5至6倍聖嬰)；月均溫夏季28°C到31°C、秋季22°C到30°C；月雨量夏季(6-8月)、初秋(9月)100到650mm、深秋(10月、11月)0-100mm時，可能發生登革熱病例數大爆發。

●未來展望：影響登革熱病例數原因多，環境、人為因素都有，未來應考慮有無更多其他因素及影響比重造成登革熱感染病例數的增減，藉此增加研究廣度。本研究僅利用2008至2023，16年數據進行分析，未來也許可增加資料年分，也許會看到不同的結果，增加研究延伸度。