中華民國第65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

探究精神獎

051905

海氣交互作用下颱風滯留對中尺度冷渦的水溫特徵與能量交換機制

學校名稱： 國立中興高級中學

作者：	指導老師：
高二 陳品瑜	李欣珮

關鍵詞： 颱風、冷渦、海水表面溫度（SST）

海氣交互作用下颱風滯留對中尺度冷渦的水溫特徵與能量交換機制

摘要

本研究主要在探討颱風與其所生成的冷渦之間的相互關係，透過視覺化的海溫動態圖檔可以明顯觀察到颱風在移動時對周圍海溫產生的影響，運用颱風移動時的經緯度座標資料和海溫數據繪製出水平與垂直的海溫比較折線圖，以利後續進行觀察。針對颱風移動時所產生的冷渦進行熱傳導數值的計算，觀察熱傳導值與冷渦形狀和颱風移動路徑的關聯性。最後經由美國大氣海洋總署的大數據資料庫取得葉綠素 a 的資料，觀察冷渦形成後是否真的有帶動營養鹽上湧，產生潛力魚場。

壹、 前言

一、研究動機

聽聞新聞在播報關於近幾年台灣漁獲量下降的問題，漁獲量下降直接的影響了漁民的生計，同時也會對消費者產生供不應求的情況，若我們能提前預測可能產生漁場的位置，便能使漁民在捕魚時有較明確的目標和較穩定的漁獲量。這也讓我聯想到過去在參加與海洋相關的研習時學者有提到，北半球的颱風呈逆時針旋轉，受到地球自轉偏向力（科氏力）影響，表層海水向外擴散，引發湧升流，將較底層的冷海水帶至上層，同時營養鹽向上傳輸，當營養鹽向上傳輸時，便會產生數週至數月的漁場。台灣周圍原本就有渦漩的存在，台灣東部在黑潮流經時會產生冷、暖渦漩，而渦漩主要受季風、地形影響，台灣東北附近的渦漩形成則另外受到了黑潮的影響。

二、研究目的

本研究的核心目的是結合台灣附近海域的大數據資料進行繪圖、計算和統整，並與近幾年台灣周圍所發生的颱風進行連結，觀察颱風與海氣之間的關聯性。

(一)使用 Python 將大數據視覺化，觀察颱風移動時對周圍海溫所造成的影響。

(二)繪製颱風生成位置前五天至生成當天的垂直海溫變化圖，與當時的氣候現象進行比對，觀察颱風生成位置的水溫變化與是否受到當時的氣候現象影響。

(三)繪製颱風移動時的海溫變化趨勢圖，與颱風移動路徑及時間進行比對，觀察颱風

在移動或產生滯留時，對周圍海溫所產生的影響。

(四)針對卡努颱風計算其冷渦向四方(東、西、南、北)和平均的熱傳導數值，與其颱風路徑和冷渦的關聯性。

(五)繪製葉綠素 a 動態圖檔，觀察卡努颱風的冷渦發生後，是否真的有帶動營養鹽上湧，進而由衛星影像水色中觀察到葉綠素 a 的濃度是否有明顯增高的趨勢。

三、文獻探討

參考前人針對 2013 年范斯高颱風的研究（Zhanhong Ma,2020）和 2018 年潭美颱風的研究（Xiangcheng Li, et al,2022)。前者探討范斯高颱風在受到冷渦影響後，產生最大表面風速異常快速減弱；後者模擬在有無颱風所產生的冷渦情況下的熱量收支，定量評估水平和垂直的海水流動以及風場等其他因素對上層海洋造成溫度下降因素。前者的結果顯示，颱風經過時海表溫度顯著下降是因冷渦位於水溫較暖的副熱帶地區，且颱風在海面上的強烈海風也對海溫產生了嚴重的影響；後者的結果顯示，海水的水平流動對鹽度會產生影響，而在海表風速強進時，也會對海溫產生顯著影響。

貳、 研究設備與器材

一、硬體設備：

（一）筆記型電腦：資料查詢與下載、數據繪圖、文件編輯、程式編寫

二、軟體設備：

（一）Spyder：將相關數據資料進行計算和繪圖

（二）Microsoft Word：編寫作品說明書

（三）Microsoft Excel：統計近幾年颱風數量、繪製圖表

參、 研究過程與方法

一、數據資料：

（一）國家海洋資料庫及共享平台：2019 年 1 月 1 日~2024 年 8 月 17 日，每日下午兩點，空間 90°E~150°E，10°N~40°N 的海溫資料。

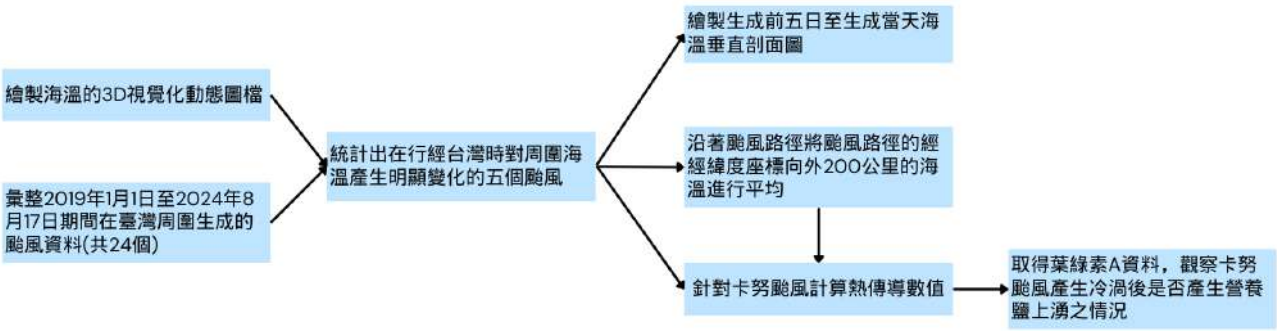
（二）交通部中央氣象署：

1. 颱風資料庫—西北太平洋颱風列表：

(1)彙整 2019 年至 2024 年在台灣周圍經過及登陸的颱風

(2)下載颱風路徑之經緯度座標資料

2. 氣候監測報告： 2019 年至 2024 年亞州地區的氣候狀態

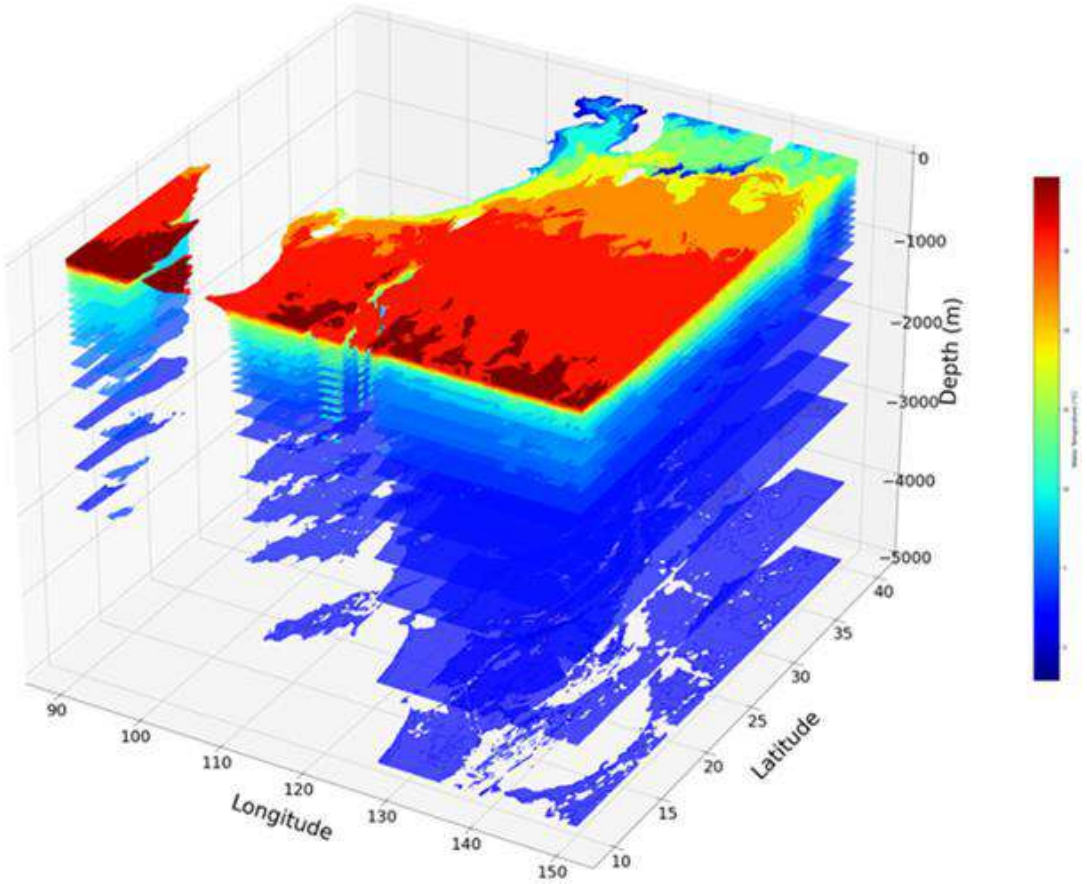


二、研究流程圖：

使用國家海洋資料庫及共享平台所提供的 HYCOM 海水溫度資料，將資料導入 Spyder，並透過 Python 程式碼（圖 2）讀取指定日期區間內每日下午兩點的海水溫度與深度資料。接著為每個深度層的水溫數據填上相應色彩，並結合海水深度以 3D 模式呈現（圖 3）。生成每日的海水溫度與深度 3D 圖像後，將這些圖像製作成連續的 3D 視覺化動畫，以 GIF 格式和 mpeg 檔展示，呈現水溫變化的動態過程。這樣的視覺化結果有助於更直觀地理解海洋中不同深度的水溫變化及其時空動態特徵。

```python
import xarray as xr
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
import numpy as np

# Load the netCDF file with decode_times=False
file_path = '/Users/leehsin/HYCOM/ts/hycom_glby_930_2020070112_t018_ts3z.nc'
data = xr.open_dataset(file_path, decode_times=False)

# Select a single time slice (first time index) and extract data
temp = data['water_temp'].isel(time=0)

# Extract coordinates
depths = -data['depth'].values  # Convert depths to negative values
latitudes = data['lat'].values
longitudes = data['lon'].values

# Create a meshgrid for lat and lon
lon_grid, lat_grid = np.meshgrid(longitudes, latitudes)

# Plot 3D temperature profile using original 40 layers
fig = plt.figure(figsize=(50, 35))
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')


##
# Use 'jet' colormap for blue to red gradient
colormap = 'jet'
# Create a mappable object to use for the colorbar
mappable = plt.cm.ScalarMappable(cmap=colormap)
mappable.set_array(temp.values)

# Loop over each depth layer to plot temperature as a surface
for i, depth in enumerate(depths):
    temp_layer = temp.isel(depth=i).values
    surf = ax.contourf(lon_grid, lat_grid, temp_layer, zdir='z', offset=depth, cmap=colormap, alpha=0.7)

# Add colorbar to visualize temperature scale
cbar = fig.colorbar(mappable, ax=ax, shrink=0.5, aspect=20)
cbar.set_label('Water Temperature (°C)', fontsize=12)


# Loop over each depth layer to plot temperature as a surface
for i, depth in enumerate(depths):
    temp_layer = temp.isel(depth=i).values
    ax.contourf(lon_grid, lat_grid, temp_layer, zdir='z', offset=depth, cmap='viridis', alpha=0.7)
```

（圖 2 Spyder 進行海水溫度與深度資料視覺化之程式碼—自製）



（圖 3 以 2020 年 7 月 1 日為例，海水溫度與深度 3D 剖面呈現，資料來源為海洋大數據資料庫 HYCOM 水溫觀測資料與模擬數據，帶入 Spyder 讀取資料並將數據視覺化，東經 90~150 度、北緯 10~40 度範圍，水深 0~5000 公尺—自製）

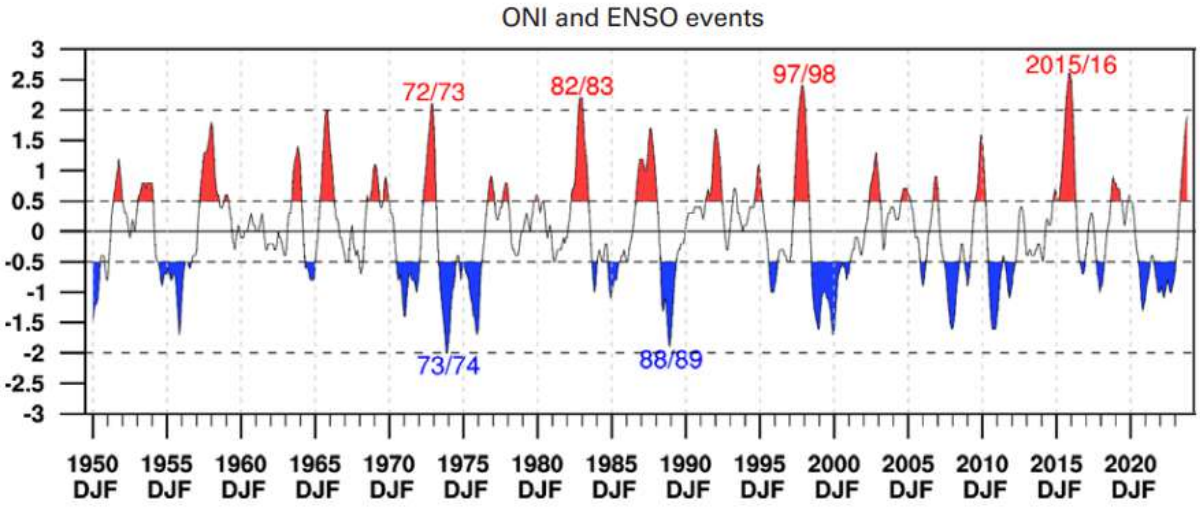
透過中央氣象署的颱風資料庫，收集 2019 年 1 月 1 日至 2024 年 8 月 17 日，期間在臺灣周圍生成的颱風資料，總共 24 個颱風（表 1）。並根據中央氣象署的氣候監測報告中的海洋聖嬰指標時序圖（圖 4），紅色和藍色分別代表聖嬰與反聖嬰現象，由下圖可以看到 1951 年至 2023 年的氣候現象，由 2020 年以後持續呈現反聖嬰現象，持續到 2023 年 2 月，隨後逐漸減弱（圖 5）。

2023 年 6 月在赤道太平洋及印度洋維持一致偏暖的形態，並以赤道中東太平洋的偏暖較持續且顯著。2023 年 4 至 6 月平均的海洋聖嬰指標(Oceanic Niño Index, ONI)為 0.5，亦為上升趨勢。2023 年 10 月赤道中東太平洋的海溫仍持續偏暖，並隨時間向西傳遞，而西太平洋部分海域則轉為偏冷。同時，過去三個月的海洋聖嬰指標平均值已達到聖嬰事件的認定標準。2024 年 1 月，赤道中東太平洋暖海溫逐漸減弱，3 月起南美洲西岸出現冷海溫距平並逐

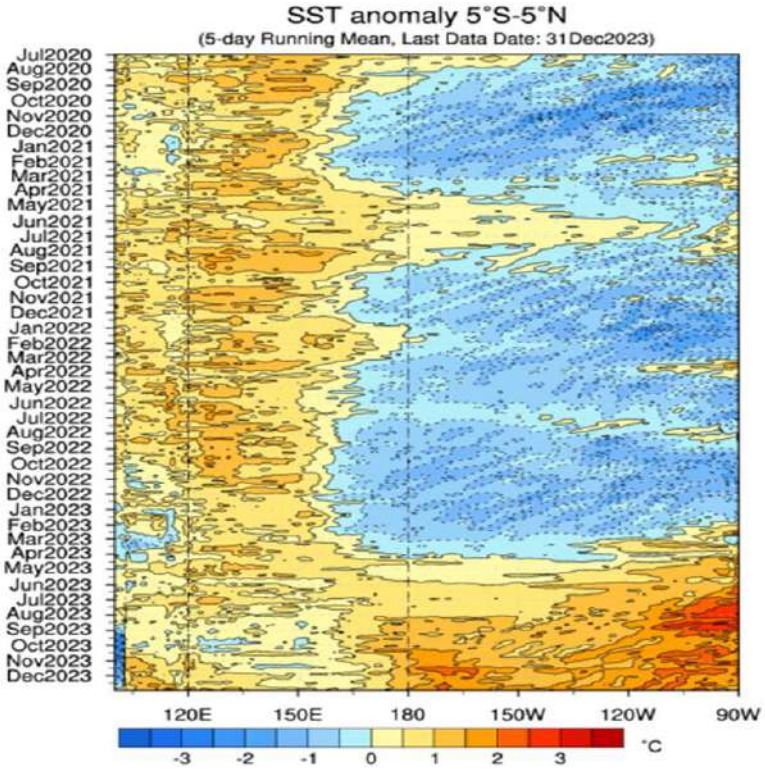
漸往西擴展，6 月赤道東太平洋為冷海溫距平；西經 140 度以西至印度洋則為暖海溫距平，海溫偏暖程度較上月略增。整體而言，2023/24 聖嬰事件已回復至中性狀態，赤道太平洋海溫距平呈現東冷西暖的配置。這些觀測資料為進一步分析氣候模式與其對區域天氣的影響提供了重要的依據。

年份	颱風1	颱風2	颱風3	颱風4	颱風5	颱風6
2019	丹娜絲(DANAS)	利奇馬(LEKIMA)	白鹿(BAILU)	米塔(MITAG)		
2020	黃蜂(VONGFONG)	哈格比(HAGUPIT)	米克拉(MEKKHALA)	巴威(BAVI)	閃電(ATSANI)	
2021	彩雲(CHOI-WAN)	烟花(IN-FA)	盧碧(LUPIT)	璨樹(CHANTHU)	圓規(KOMPASU)	
2022	軒嵐諾(HINNAMNOR)	梅花(MUIFA)	尼莎(NESAT)			
2023	瑪娃(MAWAR)	杜蘇芮(DOKSURI)	卡努(KHANUN)	蘇拉(SAOLA)	海葵(HAIKUI)	小犬(KOINU)
2024	凱米(GAEMI)					

（表 1 2019 年至 2024 年 8 月 17 日颱風統計圖，共 24 個—自製）



（圖 4 1951 年至 2023 年的海洋聖嬰指標時序圖 資料來源：交通部中央氣象署氣候年報）

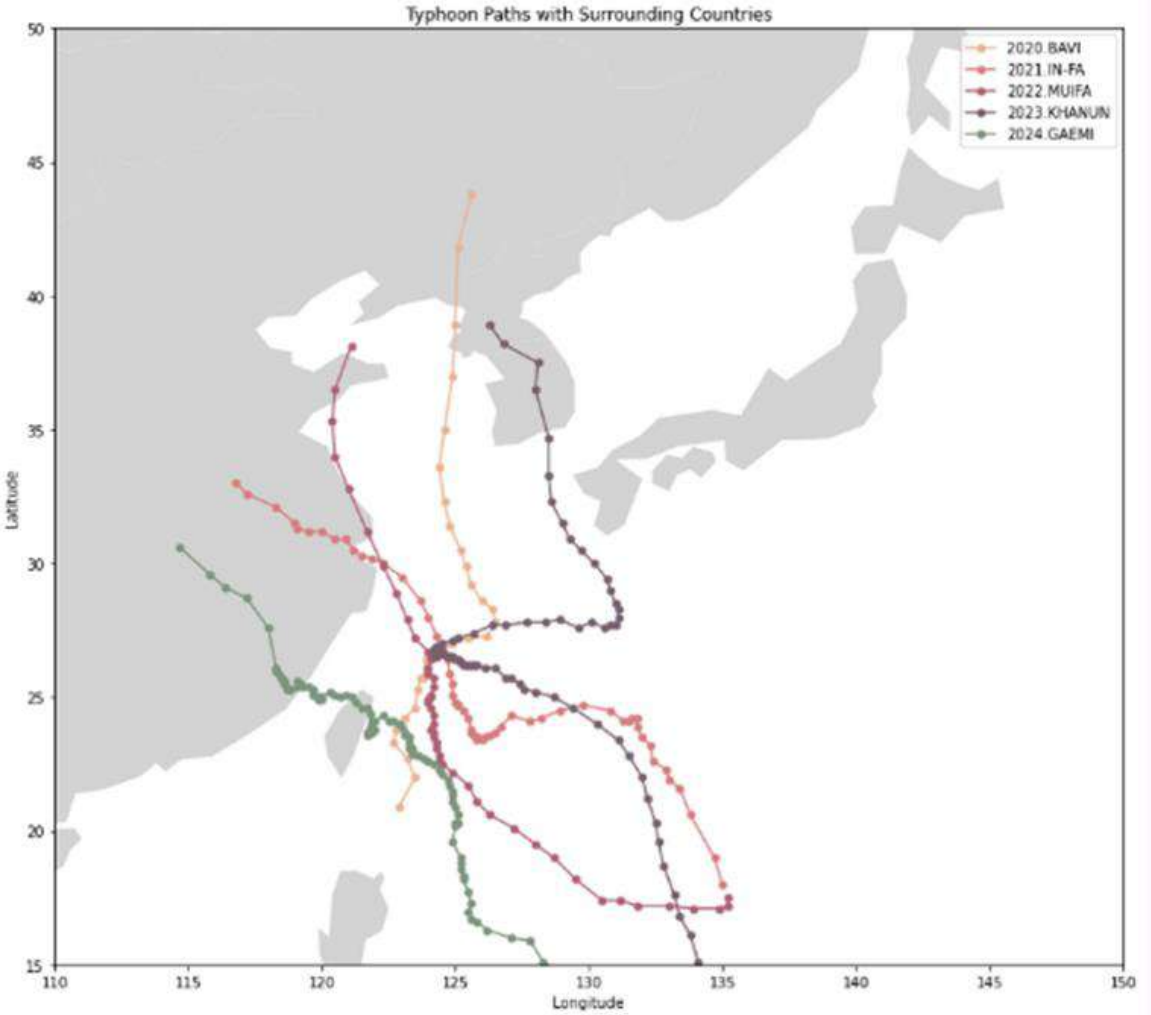


（圖 5 近赤道平均（5°S~5°N）海面溫度距平的時間-經度剖面圖，時間上經 5 日滑動平均，縱軸為時間，橫軸為經度，溫度距平單位為℃ 資料來源：交通部中央氣象署氣候年

接著，觀察海溫 3D 視覺化動態圖檔，將圖檔中產生明顯水溫變化的日期與位置與我們所統計的 24 個颱風進行比對，最後統計出以下五個颱風在行經台灣時對周邊海水產生明顯的海溫變化，分別是 2020 年的巴威颱風、2021 年的烟花颱風、2022 年的梅花颱風、2023 年的卡努颱風和 2024 年的凱米颱風，從颱風資料庫將上述五個颱風的發生時間、生成位置、最大風速和當時的氣候現象進行統計（表 2），並下載颱風路徑之經緯度座標資料，繪製颱風路徑圖（圖 6），以利後續的研究與觀察。

颱風	時間		生成位置	最大風速(m/s)	氣候現象
巴威 (BAVI)	2020	8/22~8/27	122.7, 23.3	25	反聖嬰
烟花 (IN-FA)	2021	7/17~7/26	132.9, 22.3	43	反聖嬰
梅花(MUIFA)	2022	9/7~9/16	133.0, 17.2	43	反聖嬰
卡努(KHANUN)	2023	7/27~8/10	138.1, 12.0	48	10月聖嬰
凱米(GAEMI)	2024	7/20~7/26	127.8, 15.9	53	正常

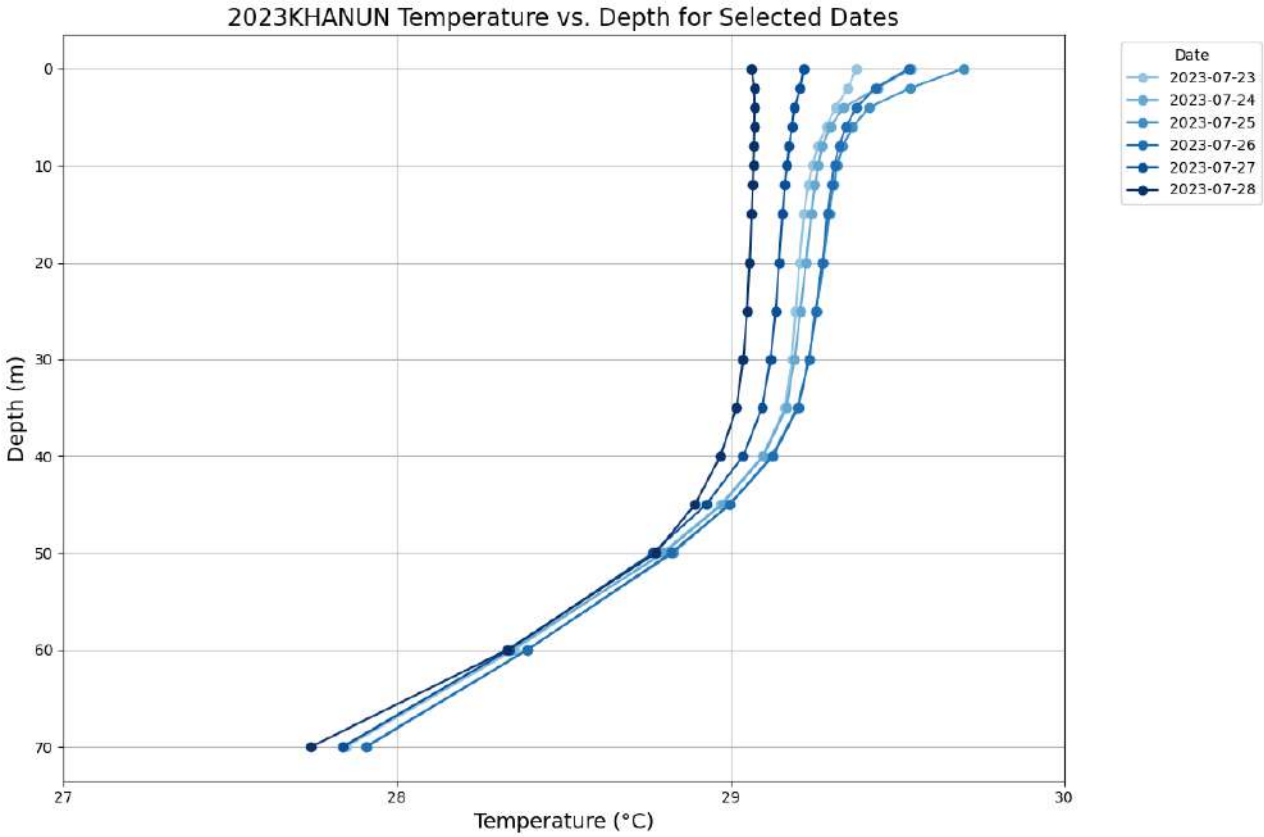
（表 2 五個颱風的統計表—自製）



（圖 6 颱風路徑圖，每 6 小時位置資料—自製）

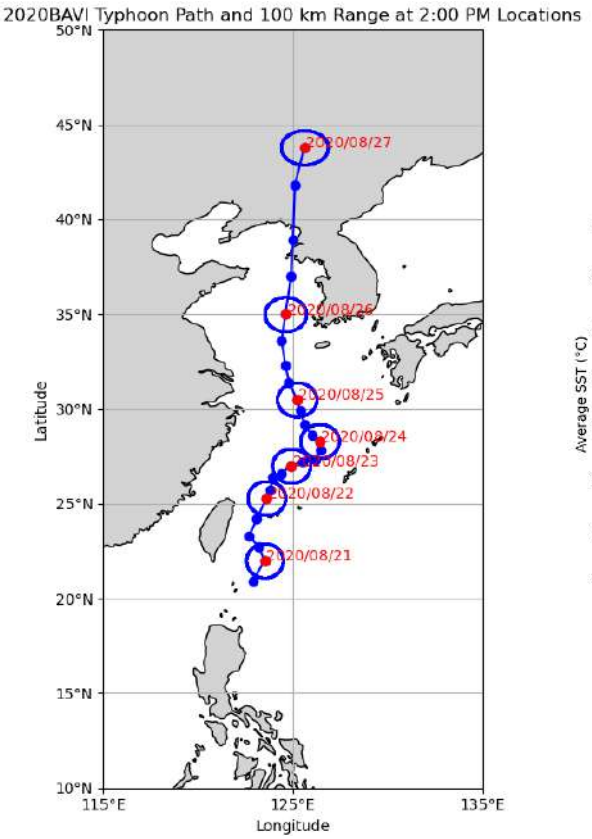
結合中央氣象署颱風資料庫所提供的颱風生成位置之經緯度座標資料，我們針對颱風生成位置向外 500 公里計算出平均海溫。在此基礎上，取得 17 個不同深度層的平均海水溫度數據，提取颱風生成當日及生成前五天的資料，並將這六天的海溫變化繪製成折線圖。

例如，針對 2023 年的卡努（KHANUN）颱風進行繪製（圖 7）。繪圖完成後，觀察颱風生成前置生成當日的海溫變化趨勢，並結合前述氣候資料進行比對，探討颱風的生成位置是否受到海溫影響。同時，進一步分析颱風生成時的海溫是否受氣候事件影響，藉此探討海溫與氣候事件兩者之間的相互關聯及其影響機制。

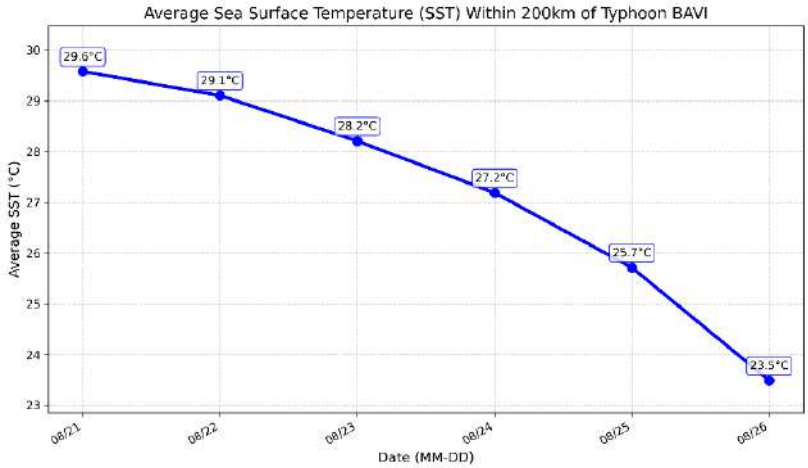


（圖 7 卡努颱風生成前五日至當日海溫變化圖—自製）

運用 Python 估算出颱風生命期間內每日下午二點颱風的經緯度座標，在得出座標位置後，將生命期間內每日下午二點時颱風的經緯度座標設為圓心，計算出圓心向外範圍 200 公里以內有效的海表水溫數據的平均數值，並繪製颱風路徑中每日下午二點向外 200 公里的範圍圖（圖 8）和海表水溫平均值的海溫變化趨勢圖（圖 9），以 2020 年巴威颱風為例。



（圖 8 巴威颱風每日下午二點的經緯度座標向外 200 公里的範圍圖—自製）



（圖 9 巴威颱風平均海溫變化趨勢圖—自製）

透過海溫變化趨勢圖我們可以看出颱風於何時海表溫度降低產生冷渦，將時間與視覺化的海表溫度圖相互對應，便能以長方形的形狀框出冷水坑的範圍。由冷渦範圍再去推算出冷渦的中心部分，將寬約 111 公里的長方形範圍進行海溫平均，並套入熱傳導公式中，計算由冷渦中心部分向東、西、南和北的熱傳導計算。

※熱傳導公式：

$$q = -r \times \frac{\Delta T}{\Delta n} \times A$$

q：熱流，單位為 kJ/s 或 kJ/day。

r：熱傳導係數，單位為 kJ/(s·m·K)，指單位時間內通過單位面積的熱量，對應單位的溫度差。

ΔT：溫差，單位為 K 或˚C，某個時段的溫度變化。

Δn：距離梯度，單位為 m（公尺），即兩個測量點之間的距離。

A：面積，單位為 m^2（平方公尺），測量範圍的水平面積。

在計算完冷渦的熱傳導值後，使用從美國大氣海洋總署的大數據資料庫取得葉綠素 a 的資料，繪製範圍為東經 115 度至 130 度，北緯 20 度至 30 度，時間為 2023 年 7 月 26 日至 9 月 26 日的葉綠素 a 視覺化動態圖檔，觀察在冷渦發生後，是否真的有帶動周邊海域營養鹽上湧的情形。

肆、 研究結果

經過上述研究，我們將結果分成以下四點進行探討：

一、繪製 3D 海溫變化動態圖檔

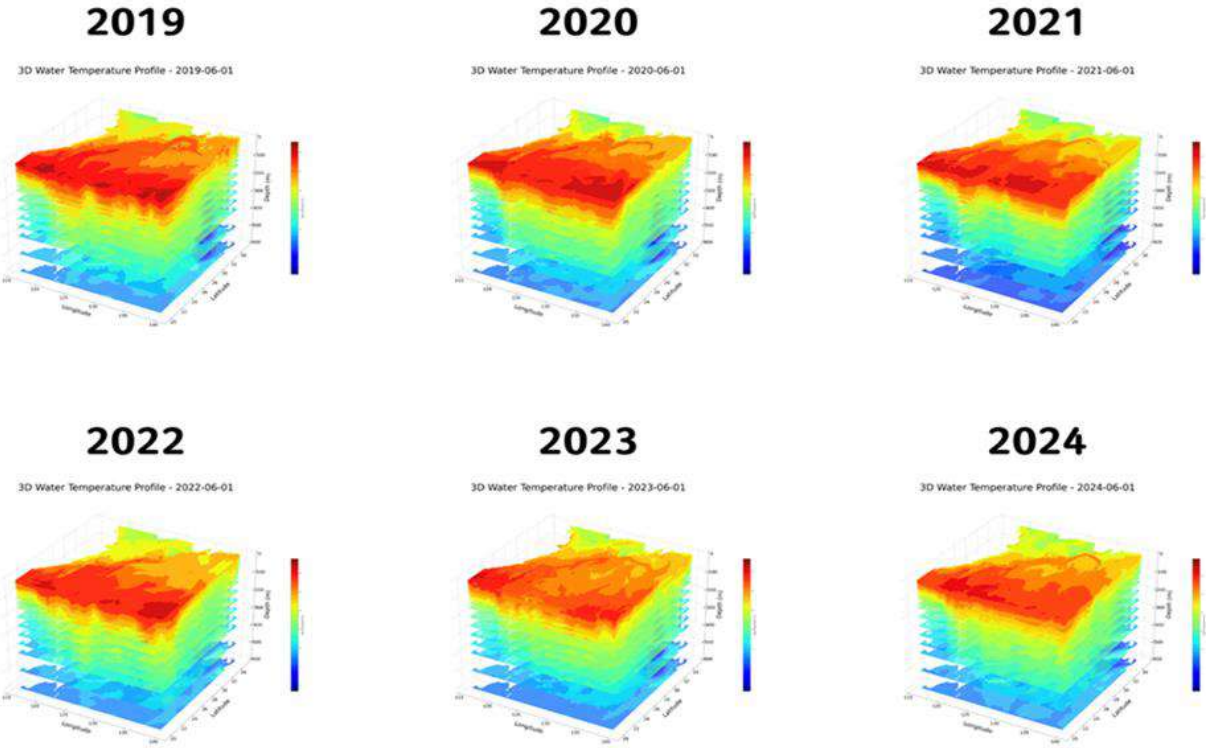
運用大數據視覺化工具，繪製 2019 年至 2023 年每年 6 月 1 日至 10 月 30 日的 3D 海溫變化動態圖檔（圖 10）。這些 3D 視覺化動態圖能夠直觀呈現海水溫度的垂直變化和時間動態，透過逐日的變化圖表，我們可以更清楚地觀察到海洋表層和深層水溫的變化趨勢，以及季節性影響下不同海域的溫度波動。

將時間間距和範圍縮小至我們所選取的五個颱風的颱風生命期間，便可從中觀察颱風的移動方向和海水的湧升情形。

（一）2024 年 6 月 1 日至 8 月 17 日的 3D 海溫變化動態圖檔

- 2019 年 6 月 1 日至 10 月 30 日海溫變化動畫檔
- 2020 年 6 月 1 日至 10 月 30 日海溫變化動畫檔
- 2021 年 6 月 1 日至 10 月 30 日海溫變化動畫檔
- 2022 年 6 月 1 日至 10 月 30 日海溫變化動畫檔
- 2023 年 6 月 1 日至 10 月 30 日海溫變化動畫檔
- 2024 年 6 月 1 日至 08 月 17 日海溫變化動畫檔

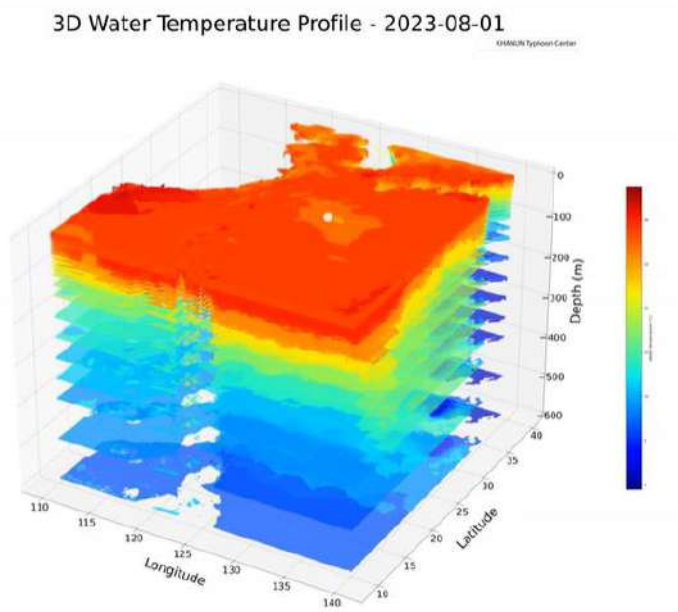
・將以上六年夏日期間動畫同步於影片中播放



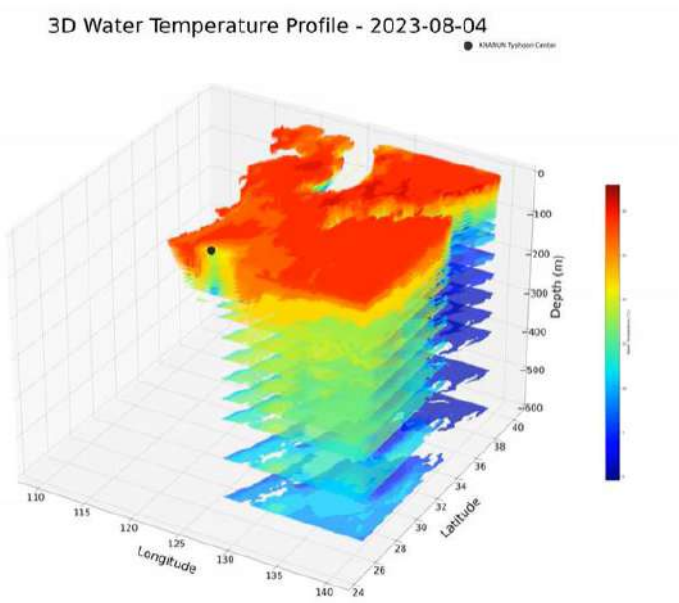
（圖 10 2019 年至 2023 年 6 月 1 日至 10 月 30 日的 3D 海溫變化動態圖檔及 2024 年 6 月 1 日至 8 月 17 日的 3D 海溫變化動態圖檔(圖片示意)—自製）

（二）颱風生命期間的 3D 海溫變化動態圖檔：

（黑色和白色的動點分別代表卡努颱風的颱風中心和五個颱風的颱風中心）



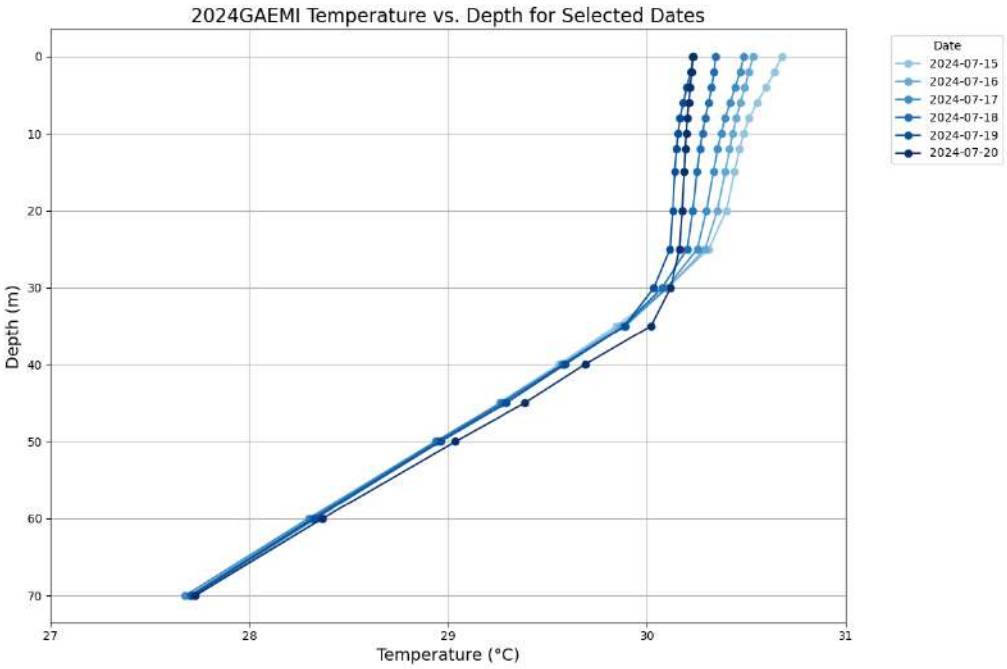
（颱風移動時的 3D 海溫變化動態圖檔(圖片示意)—自製）



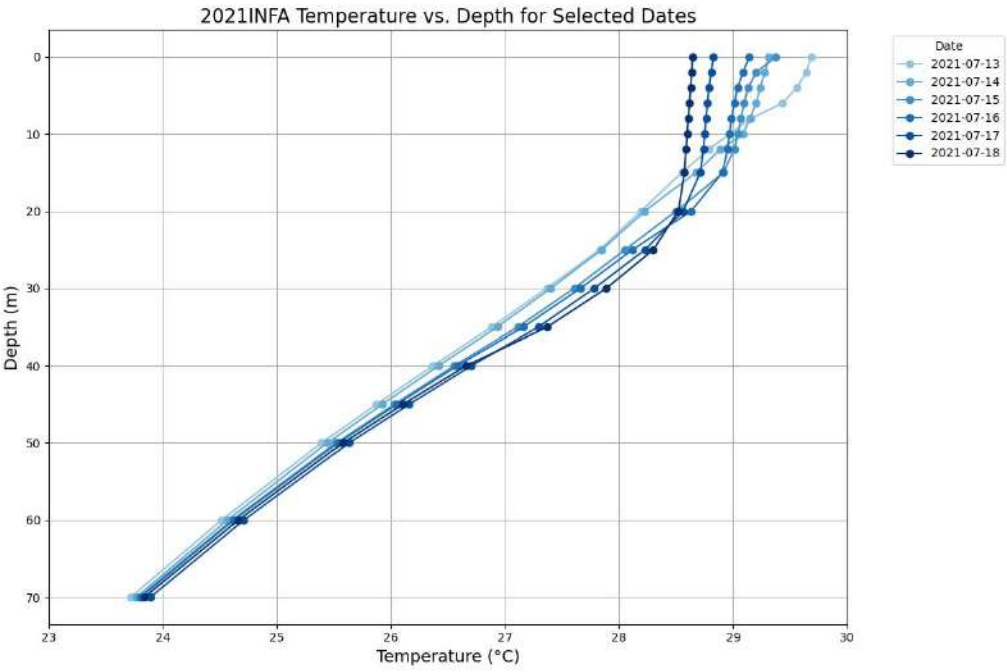
（卡努颱風冷渦地區 3D 海溫剖面動態圖檔(圖片示意)—自製）

二、不同氣候現象下颱風生成前五天至當日的海溫變化：

透過表 2，我們選擇了 2021 年的烟花颱風和 2024 年的凱米颱風，因其發生時間相似，且發生時的氣候現象不同，2021 年為反聖嬰年，2024 年為正常年。



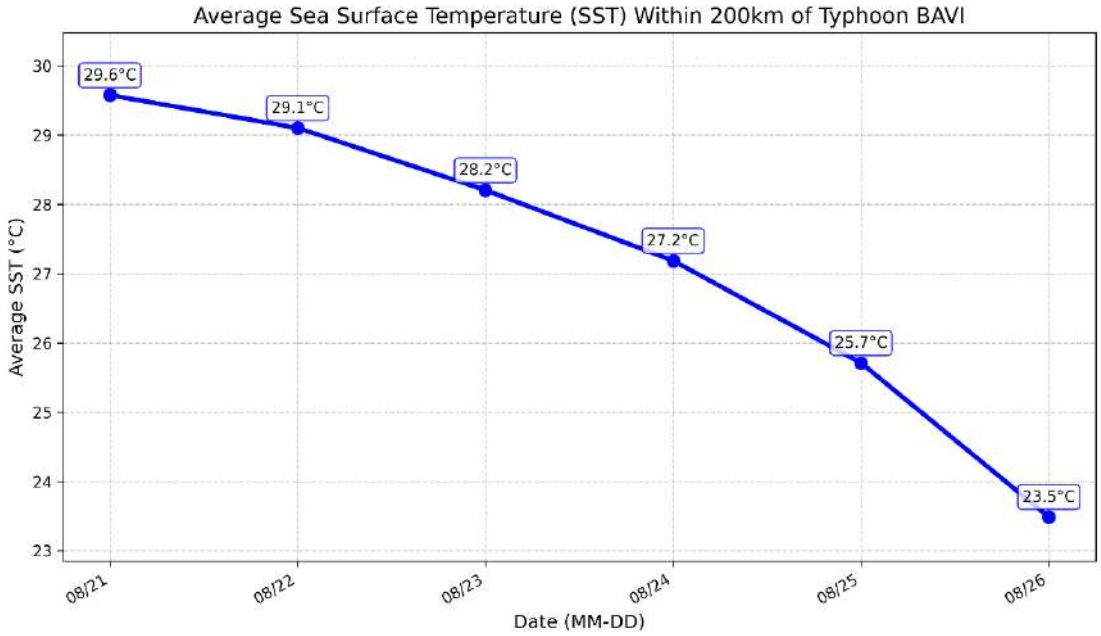
（烟花颱風 2021 年 7 月 13-18 日—自製）



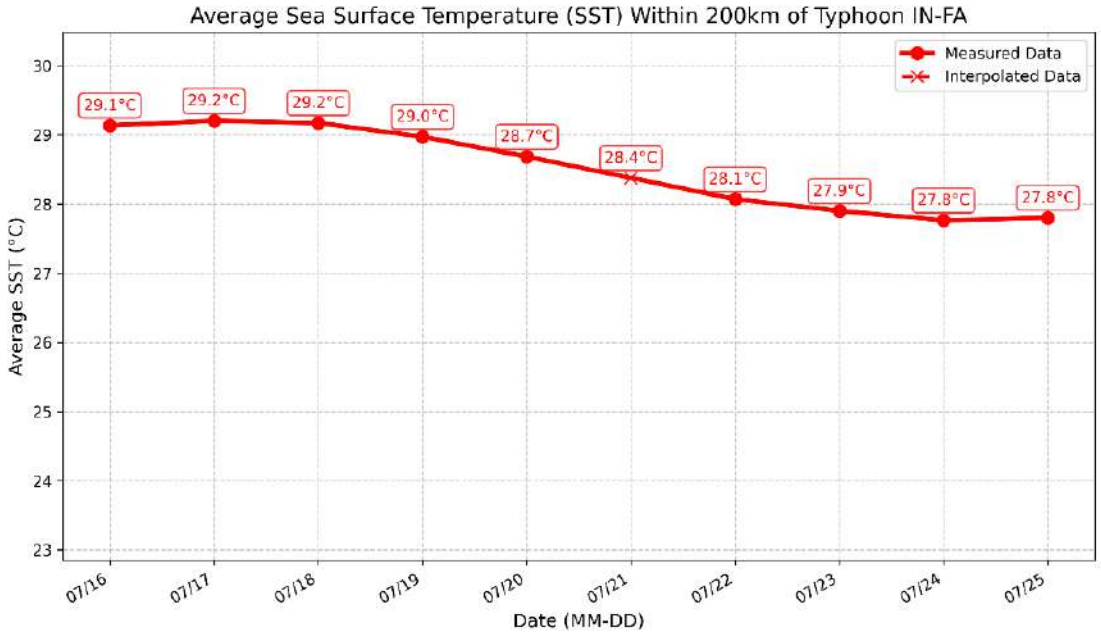
（凱米颱風 2024 年 7 月 15-20 日—自製）

三、颱風生命期間海表溫度變化：

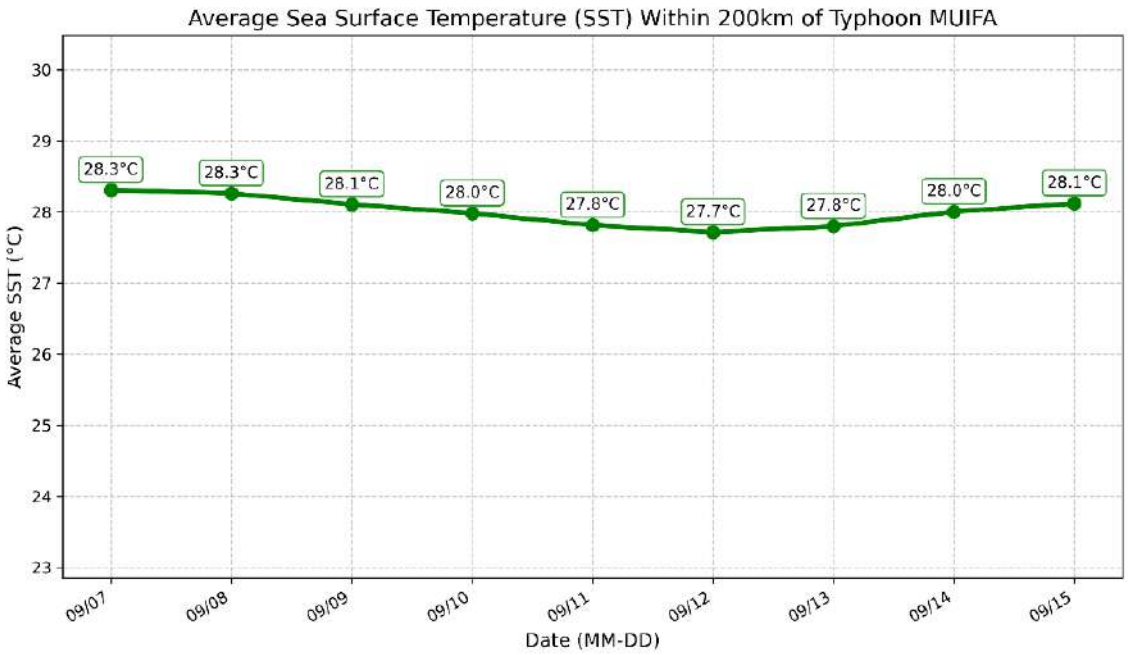
將我們所收集的五個颱風進行比較，沿颱風路徑將每日下午二點的經緯度座標向外 200 公里的海表溫度進行平均，繪製出以下五張海溫變化趨勢圖



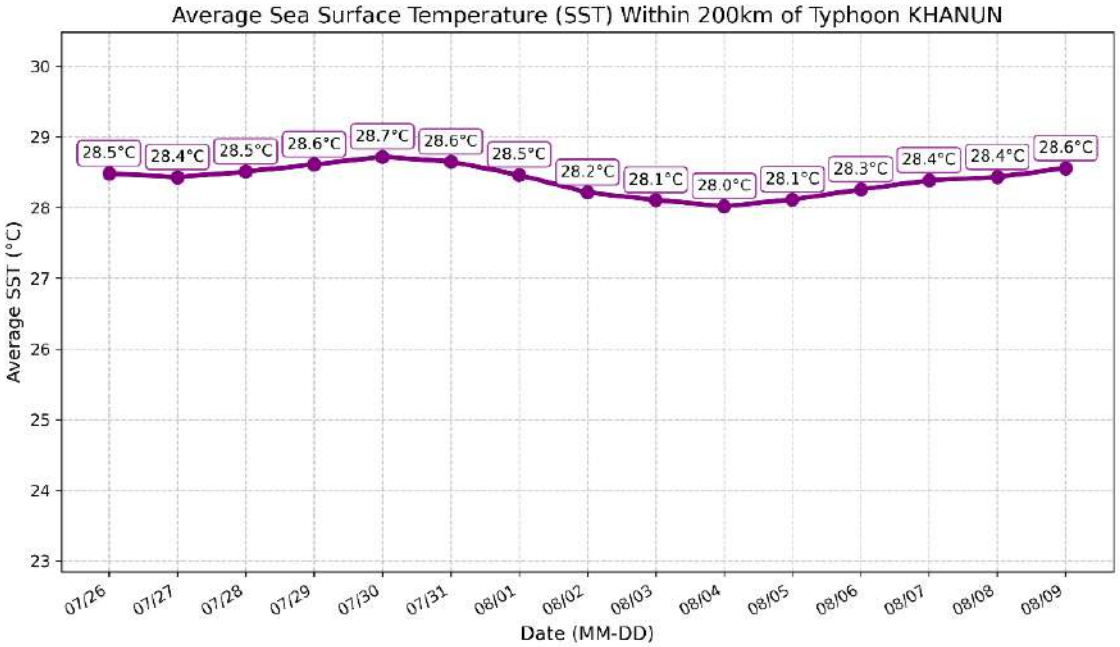
（2020 巴威颱風 海表溫度變化圖—自製）



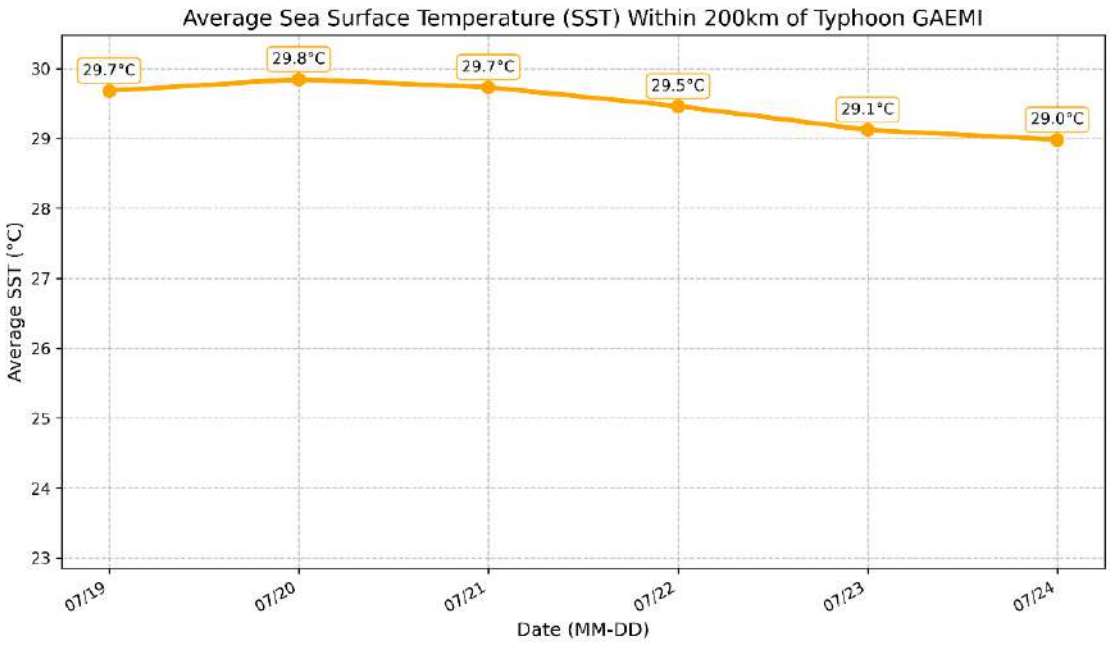
（2021 烟花颱風 海表溫度變化圖—自製）



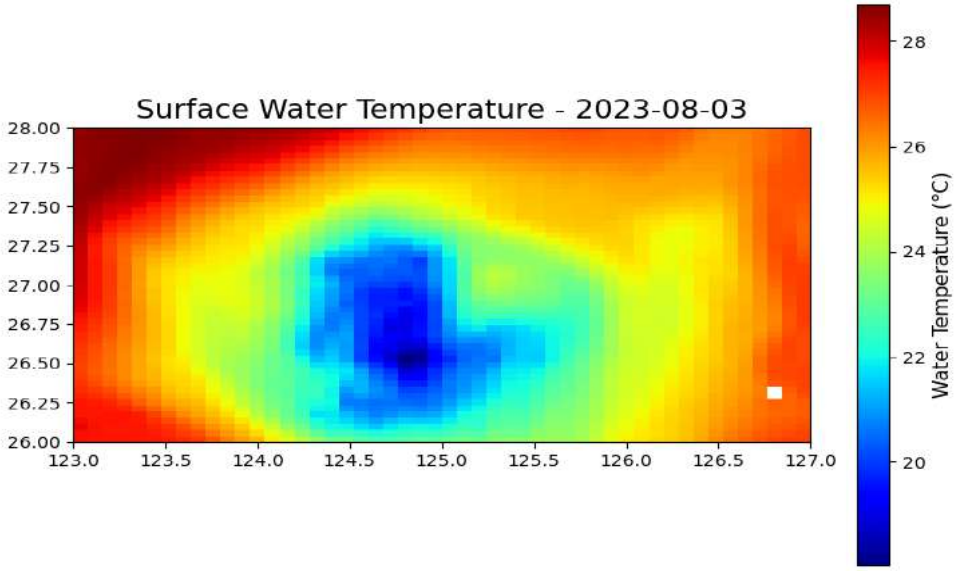
（2022 梅花颱風 海表溫度變化圖—自製）



（2023 卡努颱風 海表溫度變化圖—自製）



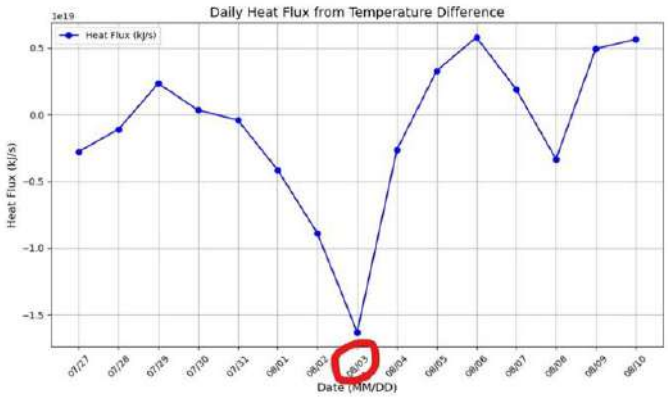
（2024 凱米颱風 海表溫度變化圖—自製）



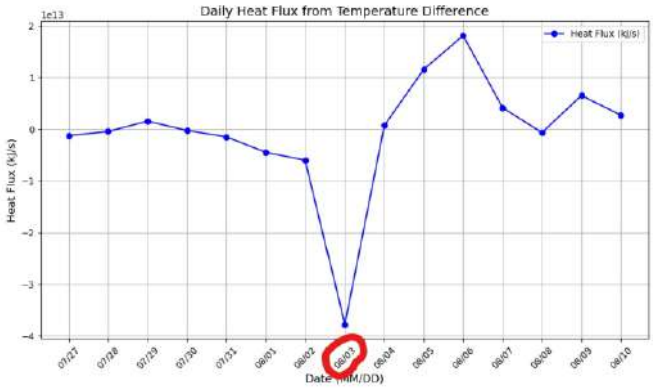
（2023-08-03 卡努颱風冷渦—自製）

四、卡努颱風冷渦的熱傳導值：

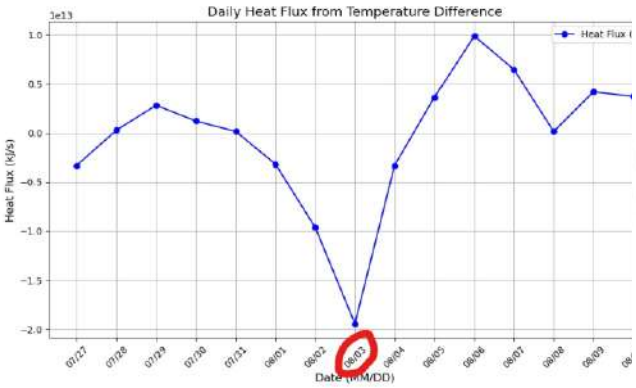
將海溫數據套入熱傳導公式後，繪製處一下四張冷渦中心部分向東、西、南、北向的熱傳導值變化圖。最後，我們將冷渦四個方向的熱傳導數值數線加上平均的熱傳導數值所繪製成全部的熱傳導數值比較圖（圖 11）。



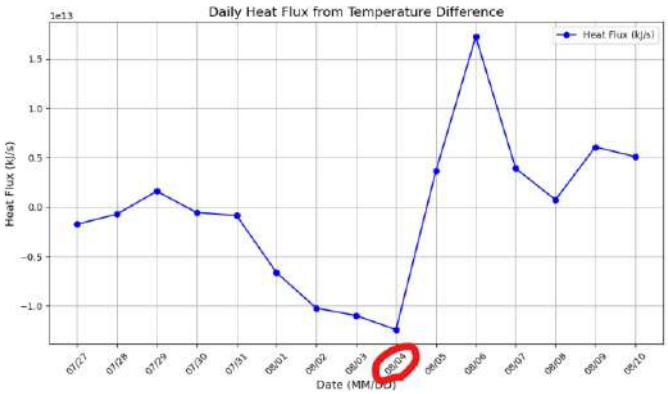
（冷渦中心部分向北的熱傳導折線圖—自製）



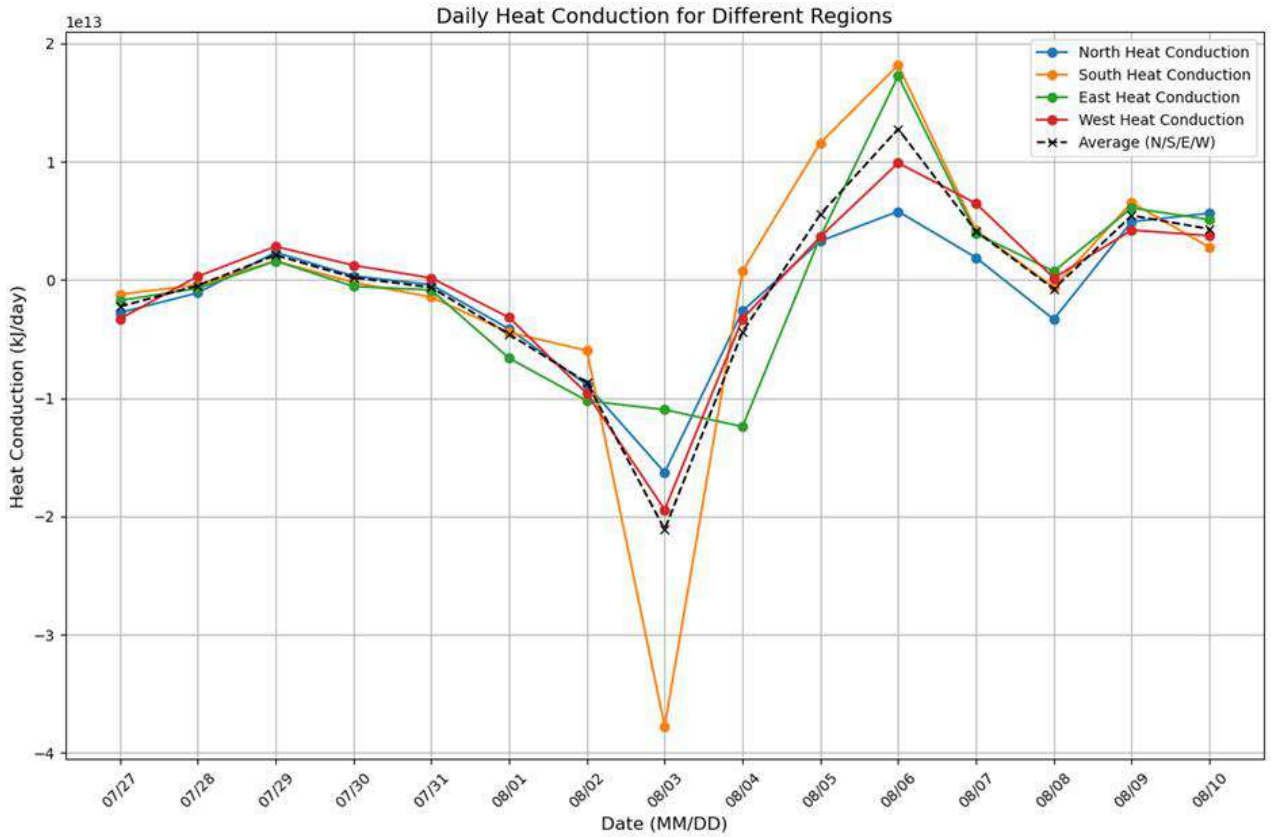
（冷渦中心部分向南的熱傳導折線圖—自製）



（冷渦中心部分向西的熱傳導折線圖—自製）

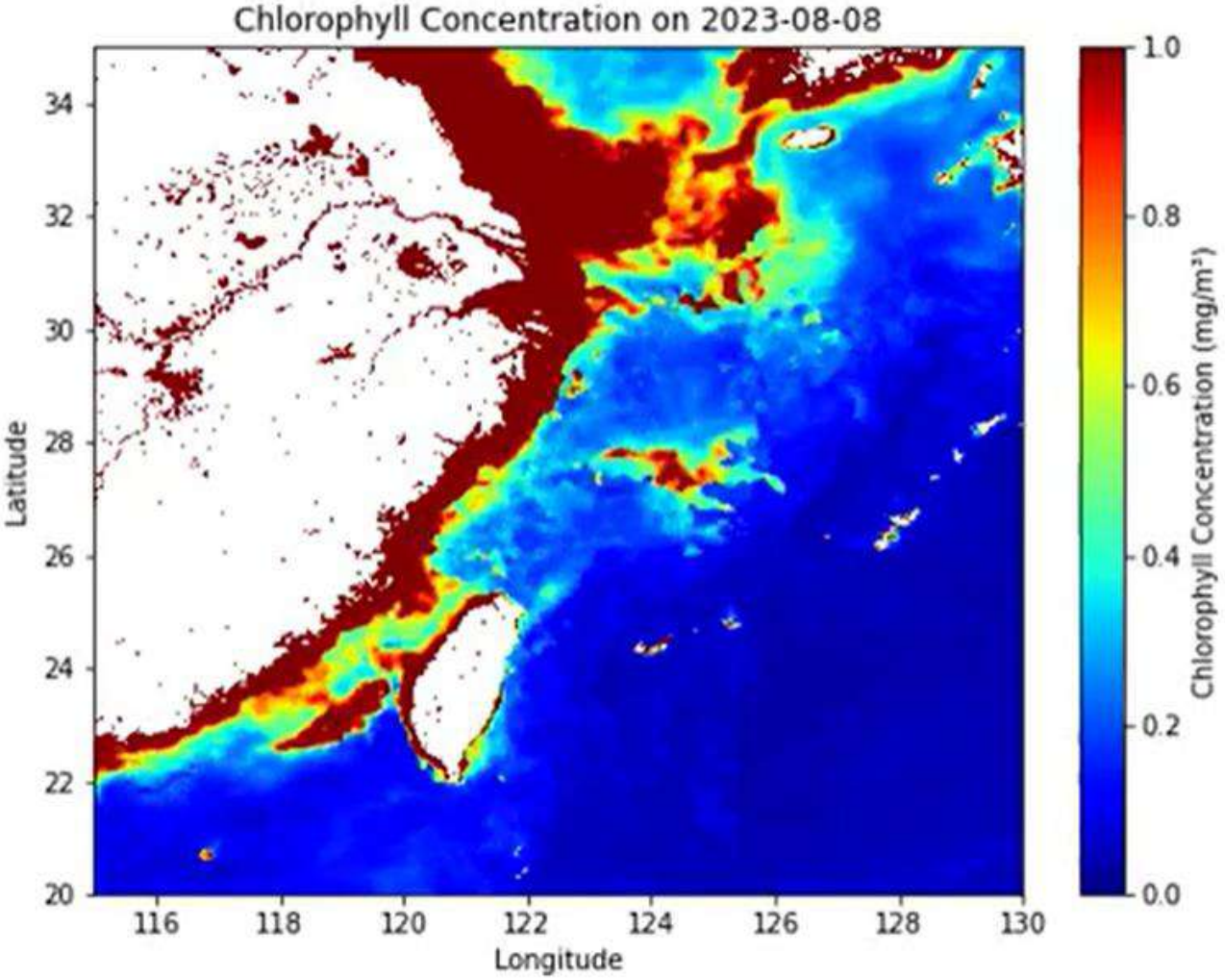


（冷渦中心部分向東的熱傳導折線圖—自製）



（圖 11 整體熱傳導數值比較圖—自製）

五、繪製 2D 葉綠素 a 變化動態圖檔：



（圖 12 以 2023 年 8 月 8 日為例，海水表面葉綠素 a 濃度，東經 115~130 度、北緯 20~35 度範圍—自製）

伍、討論

透過上述的研究結果，我們將分成以下五點進行討論：

一、2020 年巴威颱風的冷渦出現在較高緯度，接近韓國近海；2021 年烟花颱風在台灣東北海域形成冷渦，導致中緯度地區海水溫度提前下降；2022 年梅花颱風發生於強烈的反聖嬰年，當時北太平洋的海水溫度異常偏高；2023 年卡努颱風形成了一個異常巨大的冷渦，在觀察其冷渦剖面時，能明顯的看出海水上湧的情形，影響持續時間更長；2024 年凱米颱風並未形成明顯的冷渦。

二、海表溫度至生成當日皆呈現逐漸下降。不同的是，2021 年的烟花颱風生成的海表溫度低於 30 度且有較薄的混合層，而 2024 年的凱米颱風不但在生成時有較厚的混合層，在生成時的海表溫度也高於烟花颱風，介於 30 度至 31 度之間。正常而言，西太平洋的反聖嬰年相對於正常年應該具有較溫暖的海溫和較厚的混合層，但我們的結果卻發現生成於反聖嬰年的烟花颱風相較正常年的凱米颱風只需要較低的海溫和較薄的混合層就能夠生成颱風。

三、2020 年巴威颱風的生命期間海溫呈現逐漸下降，海溫變化幅度最大；2021 年烟花颱風的海溫變化幅度在 27 度至 29 度間，變化幅度不大；2022 年梅花颱風的海溫呈現小幅度下降後上升；2023 年卡努颱風前期海溫輕微下降後升高，於 7 月 30 日後逐漸下降，8 月 4 日到達最低點後海溫逐漸上升；2024 年凱米颱風海溫變化幅度小，介於 29 度至 30 度之間。以下五個平均海溫的趨勢圖可以發現，並不是每個颱風經過時皆會產生大幅度的海溫下降，而 2023 年的卡努颱風在趨勢圖上的呈現與海溫視覺化圖表的海溫變化發生時間最吻合，所以我們選擇他進行熱傳導數據的計算。

四、方向向西、向南和向北的熱傳導值皆在 8 月 3 號達到最低點，而向東的熱傳導值較其他三個方向晚了一天，於 8 月 4 號才到最低點，向南的熱傳導值較其他三個變化趨勢最大，觀察颱風路徑後，推測是因颱風路徑在滯留產生冷渦後逐漸向東北方移動，進而導致向東的熱傳導值較晚產生變化和向南的熱傳導值變化趨勢最大。

五、觀察視覺化的葉綠素 a 濃度變化圖檔，可以看到在冷渦發生後，8 月 8 日出現高濃度葉綠素 a，並持續至 9 月 22 日，這也證明了颱風所產生的冷渦，確實能帶出漁場生態

條件，並且可維持一個半月左右。

陸、結論

一、颱風在冷渦位置引發強烈的上升流，有助於促進生態系統和漁場發展。

二、在正常年，颱風生成需要較厚的混合層和較高的海水溫度才得以驅動。

三、結合海溫趨勢與颱風路徑，我們可以推測冷渦與海溫之間的關連性。

四、分析冷渦的熱傳導模式可以幫助我們預測其未來移動方向。

五、颱風所產生的冷渦確實能使海底營養鹽上湧，產生潛力漁場。

柒、參考文獻資料

1. 余嘉裕、花雲挺、涂建翊。熱帶太平洋地區大氣與海洋年際變異度研究：海溫、低層大氣與颱風。教育資料與研究，26。取自：https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/02540002-199803-201404140008-201404140008-63-762.
2. 解析 70 年全球海洋大數據，海水表面溫度上升超過 1℃下，對全球海風及波高之間的相互影響分析（113-05-07）。國家科學及技術委員會。取自：https://eycc.ey.gov.tw/Page/9FAC64F67005E355/638d5535-16e0-452a-a6bf-97d13ff70b66?fbclid=IwY2xjawFKRAhleHRuA2FlbQIxMAABHVVwnTaolDulOBZW4Ciyjl11PHfAyfHCCb6x5210uZqGAN42PJ4drr9Tsg_aem_Ia3CqsOniR2tKXcJcSe2Ig
3. 颱風生成大遲到，一遇到台灣就轉彎，史上罕見異象、歷年慘重災情一次解密。聯合新聞網。取自：https://topic.udn.com/event/typhoondelay2020?fbclid=IwY2xjawFKRNNleHRuA2FlbQIxMAABHZVgMd3fIjeo7SlqaIEPRXpu0c5IAZgNfcn--0p9Fn1AwjJPEDPmut0MwQ_aem_HNJwQL7uGMAQie8pbWpB5g
4. 探索極端氣候－颱風的形成與發威（第 11 期 2018 年 10 月）。國立海洋科技博物館。取自：https://www.nmmst.gov.tw/chhtml/publication_detail/519/12/45
5. 劉威廷（2024）。軒嵐諾颱風 2022 與卡努颱風 2023 冷水坑成因之能量通量分析。取自：https://twsf.ntsec.gov.tw/tisf/2024/pdf/TISF2024-180010.pdf

6. Emmanuel M. Vincent, Matthieu Lengaigne, Jérôme Vialard, Gurvan Madec, Nicolas C. Jourdain, Sébastien Masson(2012, May15) .Assessing the oceanic control on the amplitude of sea surface cooling induced by tropical cyclones,fromhttps://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011JC007705
7. 颱風的生成、發展、生命史（2008-12-24）。氣象應用推廣基金會。取自：http://www.metapp.org.tw/index.php/weatherknowledge/37-typhoon/47-2008-12-24-07-19-37
8. 劉欣怡、戴仁華、張雅婷、楊益、唐存勇。西北太平洋長期海氣象觀測系統：莫拉菲(Molave)颱風個案探討。取自：https://photino.cwa.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd01conf/dissertation/2010-2/38.pdf
9. 李博硯（103 年 7 月）。西北太平洋渦漩偵測與統計分析。取自：http://api.lib.ntnu.edu.tw:8080/server/api/core/bitstreams/9dd83b6e-6a7f-4066-b42f-35e037c9cd62/content
10. Zhanhong Ma(2020,January1). A Study of the Interaction between Typhoon Francisco (2013) and a Cold-Core Eddy. Part I: Rapid Weakening,fromhttps://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/77/1/jas-d-18-0378.1.xml
11. Xiangcheng Li, Xiaoping Cheng, Jianfang Fei, and Xiaogang Huang(2020,November15). A Numerical Study on the Role of Mesoscale Cold-Core Eddies in Modulating the Upper-Ocean Responses to Typhoon Trami (2018),from https://journals.ametsoc.org/view/journals/phoc/52/12/JPO-D-22-0080.1.xml
12. JAMES C. MCWILLIAMS, PETER R. GENT AND NANCY J. NORTON(1985,November1). The Evolution of Balanced, Low-Mode Vortices on the β-Plane,from https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0198014983900675

【評語】051905

作者探討颱風與其所生成的冷渦之間的相互關係,透過視覺化的海溫動態圖檔觀察颱風移動時對周圍海溫產生的影響。運用颱風移動時的經緯度座標資料和海溫數據繪製出水平與垂直的海溫比較折線圖，以利後續進行觀察。針對颱風移動時所產生的冷渦進行熱傳導數值的計算,觀察熱傳導值與冷渦形狀和颱風移動路徑的關聯性。最後經由美國大氣海洋總署的大數據資料庫取得葉綠素 a 的資料，觀察冷渦形成後是否真的有帶動營養鹽上湧，產生潛力魚場。

颱風所產生的冷渦確實能使海底營養鹽上湧和葉綠素之生成，進而產生潛力漁場。此為一項有趣且具經濟價值之科學研究，值得持續關注。台灣為颱風盛行地區，分析每次颱風後的漁獲量，此應是一項驗證實驗。.建議在資料處理過程中，應該說明如何因應資料解析度不同(如 HYCOM 日資料 vs NOAA 葉綠素週資料)、空間範圍差異等問題，並補充誤差來源及影響評估，並且明確說明判定冷渦中心的方法(例如海溫梯度、渦度計算等)與熱通量模型的參數設定與單位來源。建議於報告中各圖表下方補述觀察重點與如何支持結論，讓資料與結論間的邏輯更清楚。

雖然使用 Python 進行視覺化與分析具創意，但建議進一步說明其與現有研究或商業海洋模擬工具的差異與優勢，以強調自製演算法或視覺化流程的創新性。

作品海報

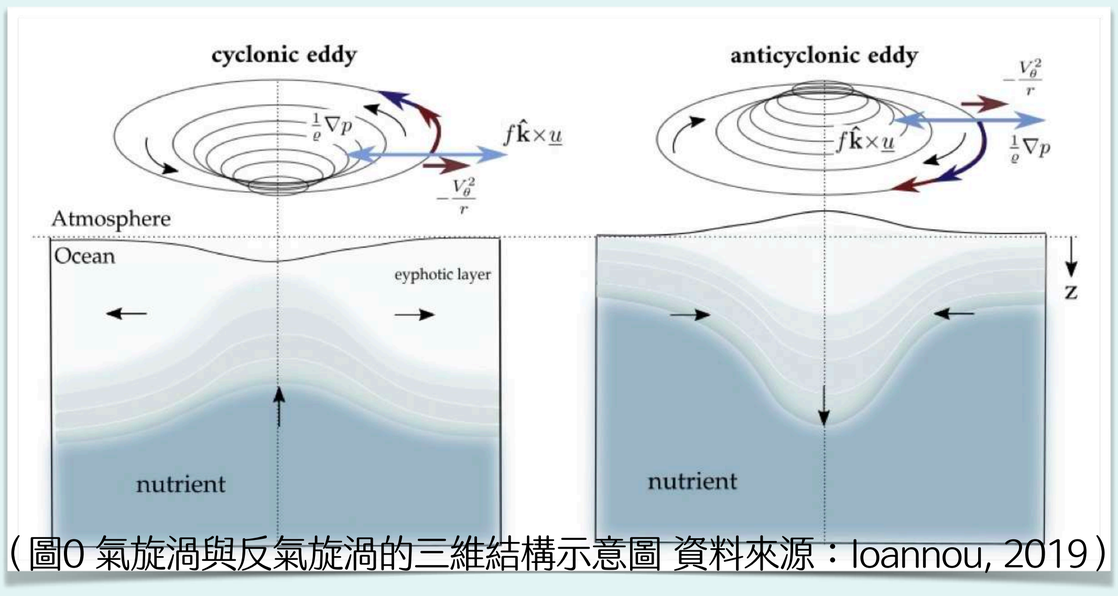
海氣交互作用下颱風滯留對中尺度冷渦的水溫特徵與能量交換機制

摘　要

本研究主要在探討颱風與其所生成的冷渦之間的相互關係，透過視覺化的海溫動態圖檔可以明顯觀察到颱風在移動時對周圍海溫產生的影響，運用颱風移動時的經緯度座標資料和海溫數據繪製出水平與垂直的海溫比較折線圖，以利後續進行觀察。針對颱風移動時所產生的冷渦進行熱傳導數值的計算，觀察熱傳導值與冷渦形狀和颱風移動路徑的關聯性。最後經由美國大氣海洋總署的大數據資料庫取得葉綠素a的資料，觀察冷渦形成後是否真的有帶動營養鹽上湧，產生潛力魚場。

研究動機

新聞播報近幾年台灣漁獲量下降的問題，直接影響了漁民的生計同時也會對消費者產生供不應求的情況，若我們能提前預測可能產生漁場的位置，便能使漁民在捕魚時有較明確的目標和較穩定的漁獲量。過去參加演講時聽學者提到北半球的颱風呈逆時針旋轉，受科氏力影響，表層海水向外擴散，引發湧升流將較底層的冷海水帶至上層，同時營養鹽向上傳輸，當營養鹽向上傳輸時，便有機會產生數週至數月的漁場。台灣東部在黑潮流經時會產生冷渦、暖渦，而渦漩主要受季風、地形影響，台灣東北附近的渦漩形成則另外受到了黑潮的影響。



（圖0 氣旋渦與反氣旋渦的三維結構示意圖 資料來源：Ioannou, 2019）

研究目的

1. 使用Python將大數據視覺化，觀察颱風移動時對周圍海溫所造成的影響
2. 繪製颱風生成位置前五天至生成當天的垂直海溫變化圖，與當時的氣候現象進行比對，觀察颱風生成位置的水溫變化與是否受到當時的氣候條件影響
3. 繪製颱風移動時的海溫變化趨勢圖，與颱風移動路徑及時間進行比對，觀察颱風在移動或產生滯留時，對周圍海溫所產生的影響
4. 針對卡努颱風計算其冷渦向四方(東、西、南、北)和平均的熱傳導數值，與其颱風路徑和冷渦的關聯性
5. 繪製葉綠素a動態圖檔，觀察卡努颱風的冷渦發生後，是否真的有帶動營養鹽上湧，進而由衛星影像水色中觀察到葉綠素a的濃度有明顯增高的趨勢

研究設備 研究方法

- 硬體：筆記型電腦
- 軟體：Spyder.Word.Excel
- 數據資料：國海院NODASS圖臺
- 數據資料：交通部中央氣象署

- 時間：2019年1月1日～2024年8月17日 每日下午兩點
- 空間：90°E~150°E，10°N~40°N
- 颱風資料庫—西北太平洋颱風列表：彙整2019～2024年台灣周圍經過及登陸的颱風下載颱風路徑之經緯度座標資料
- 氣候監測報告：2019～2024年亞州區氣候狀態

（圖1 研究流程圖—自製）

繪製海溫3D動態圖檔

彙整研究區間臺灣周圍生成的颱風(共24個)

統計出在行經臺灣時對周圍海溫產生明顯變化的五個颱風資料

繪製生成前五日至當天海溫的垂直剖面圖

沿著颱風路徑將經緯度座標向外200公里的海溫進行平均計算

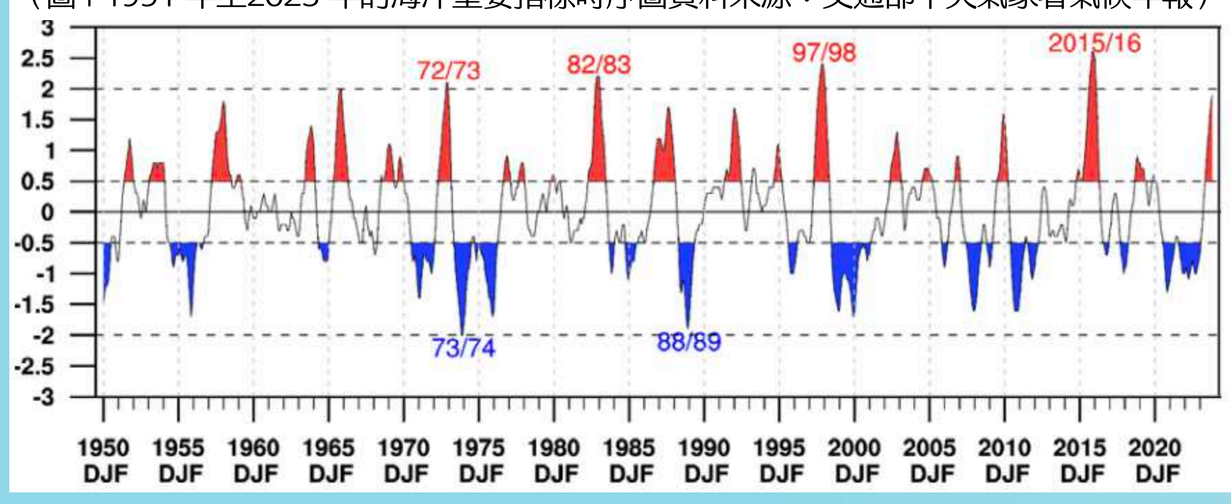
針對卡努颱風計算熱傳導數值(四方向與平均)

取得葉綠素a資料，觀察卡努颱風產生冷渦後是否具備營養鹽上湧水體移動特徵

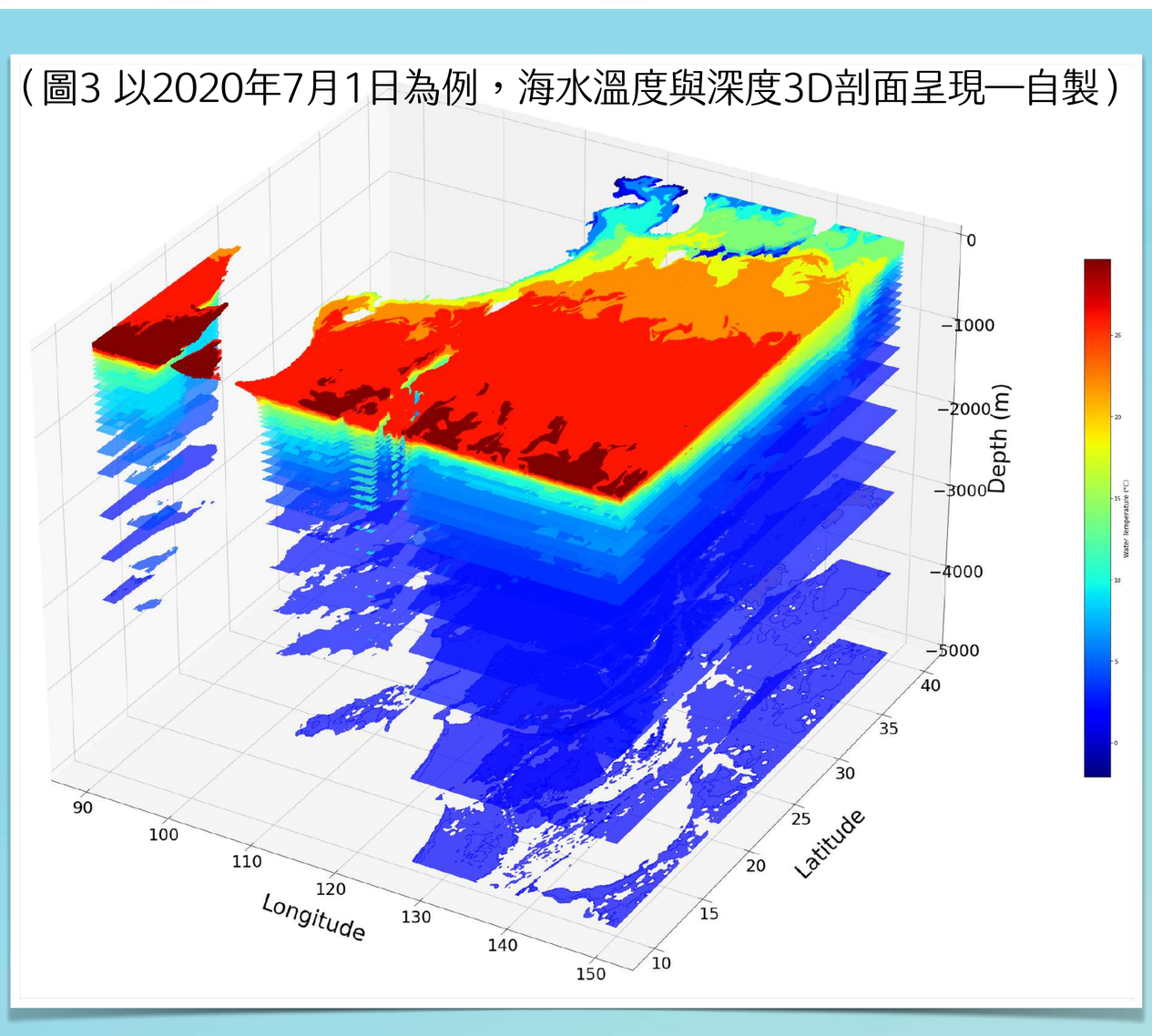
（表1 2019年至2024年8月17日颱風統計圖，共24個—自製）

年份	颱風1	颱風2	颱風3	颱風4	颱風5	颱風6
2019	丹娜絲	利奇馬	白鹿	米塔		
2020	黃蜂	哈格比	米克拉	巴威	閃電	
2021	彩雲	烟花	盧碧	璨樹	圓規	
2022	軒嵐諾	梅花	尼莎			
2023	瑪娃	杜蘇芮	卡努	蘇拉	海葵	小犬
2024	凱米					

（圖4 1951 年至2023 年的海洋聖嬰指標時序圖資料來源：交通部中央氣象署氣候年報）



（圖3 以2020年7月1日為例，海水溫度與深度3D剖面呈現—自製）



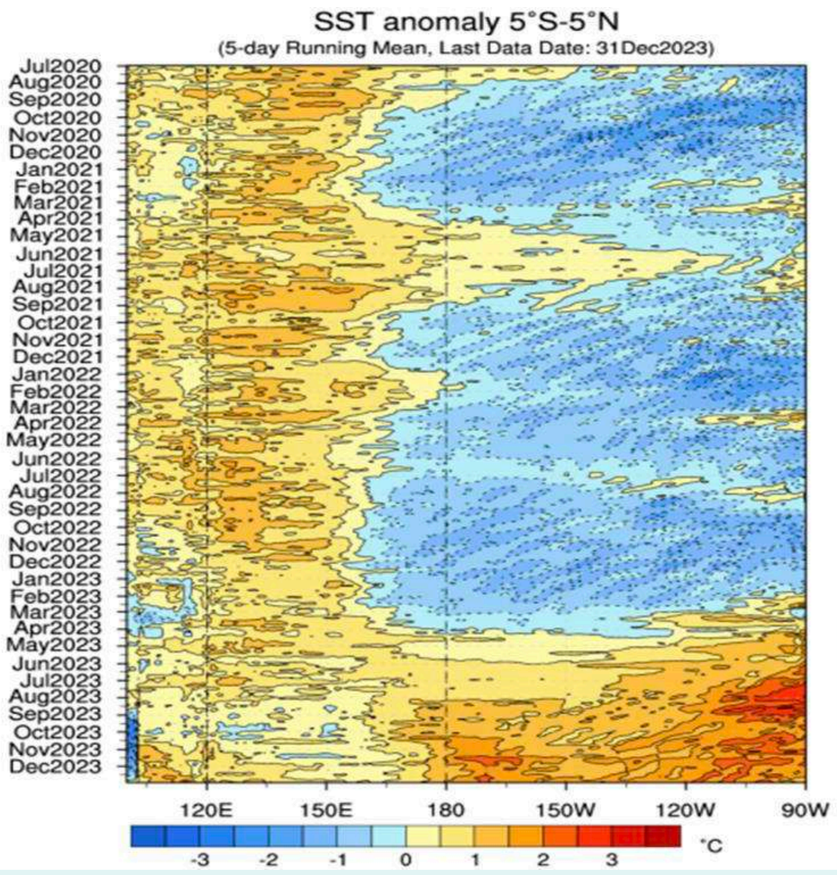
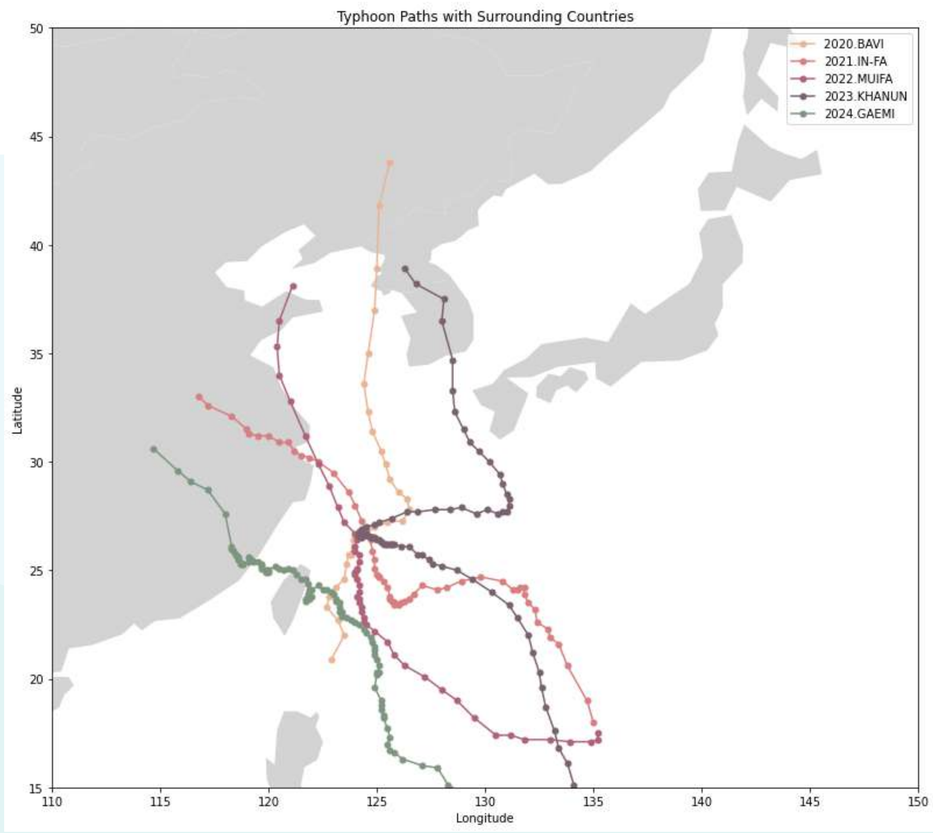


圖5 近赤道海面溫度距平圖
資料來源：交通部中央氣象署氣候年報

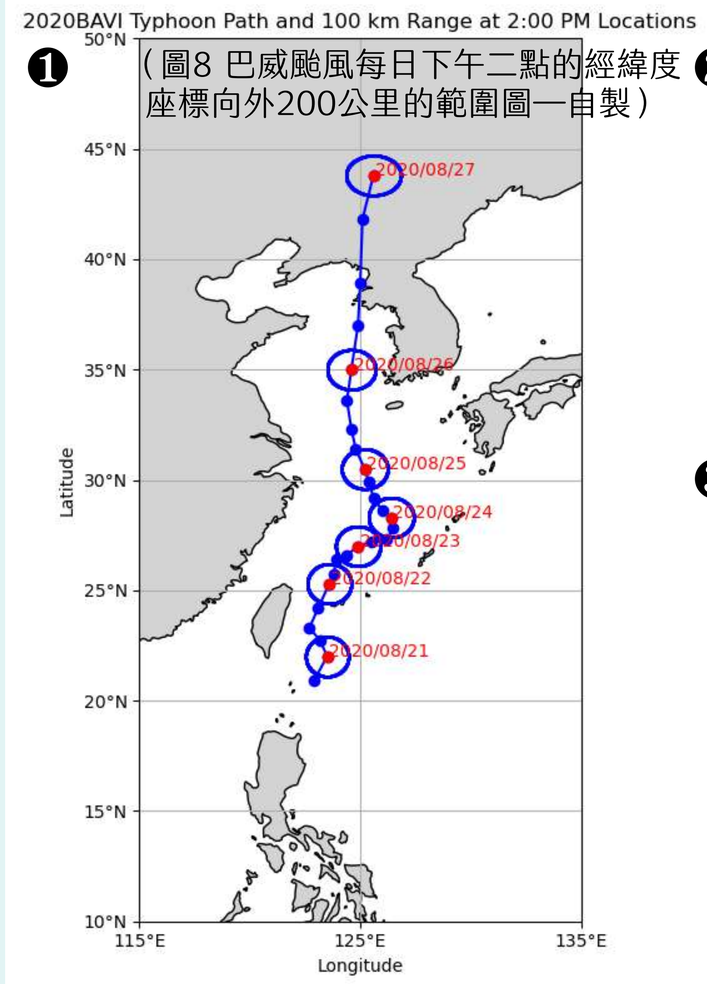


（圖6 颱風路徑圖，每6小時位置資料—自製）

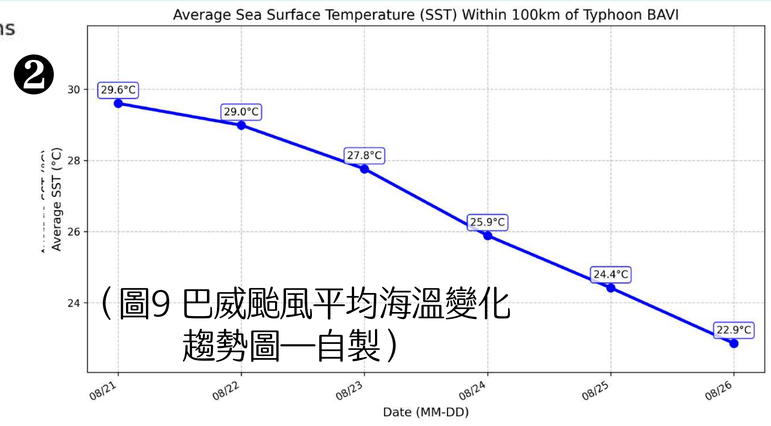
年份	颱風	生成	消散
2020	**巴威**	8/21	8/26
2021	**烟花**	7/17	7/26
2022	**梅花**	9/7	9/16
2023	**卡努**	7/27	8/10
2024	**凱米**	7/20	7/26

年份	生成位置	最大風速	氣候現象
2020	122.7,23.3	25 m/s	反聖嬰
2021	132.9,22.3	43 m/s	反聖嬰
2022	133.0,17.2	43 m/s	反聖嬰
2023	138.1,12.0	48 m/s	10月聖嬰
2024	127.8,15.9	53 m/s	正常年

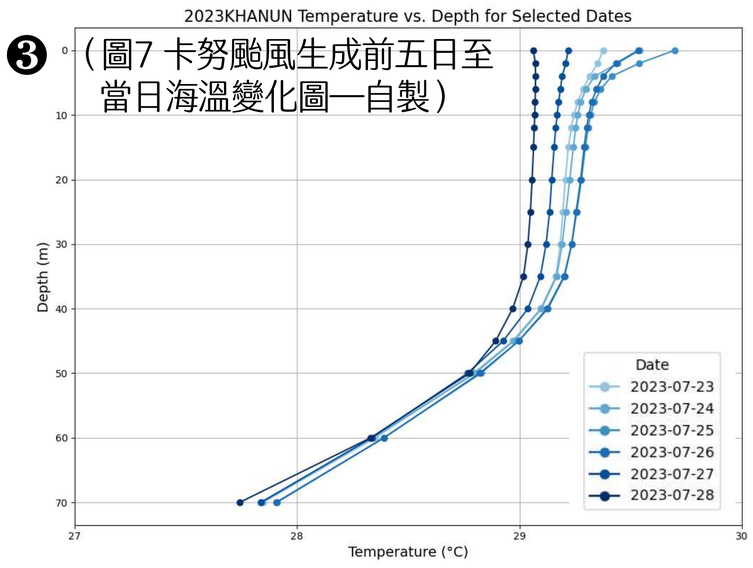
（表2 五個颱風的統計表—自製）



（圖8 巴威颱風每日下午二點的經緯度座標向外200公里的範圍圖—自製）



（圖9 巴威颱風平均海溫變化趨勢圖—自製）



（圖7 卡努颱風生成前五日至當日海溫變化圖—自製）

❶巴威颱風每日下午二點經緯度座標向外200公里的範圍圖

❷巴威颱風平均海溫變化趨勢圖

❸卡努颱風生成前五日至當日海溫變化圖

❹熱傳導公式：

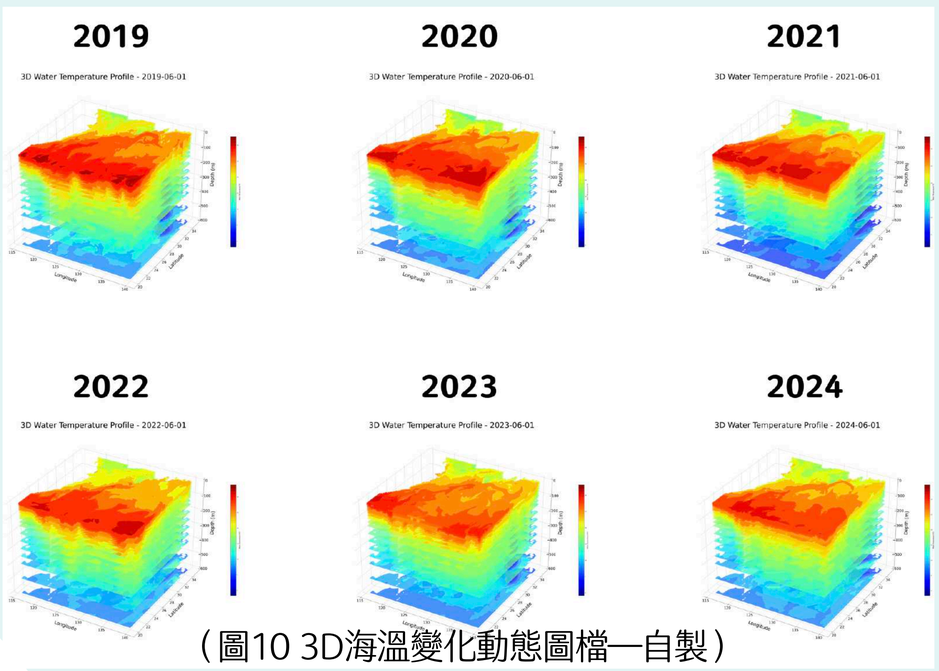
$$q = -r \times \frac{\Delta T}{\Delta n} \times A$$

- q：熱流，單位為 kJ/s 或 kJ/day
- r：熱傳導係數，單位為 kJ/(s·m·K)，指單位時間內通過單位面積的熱量，對應單位的溫度差
- ΔT：溫差，單位為 K 或 °C ，某個時段的溫度變化
- Δn：距離梯度，單位為公尺 (m)
- A：面積，單位為平方公尺 (m^2)，測量範圍的水平面積

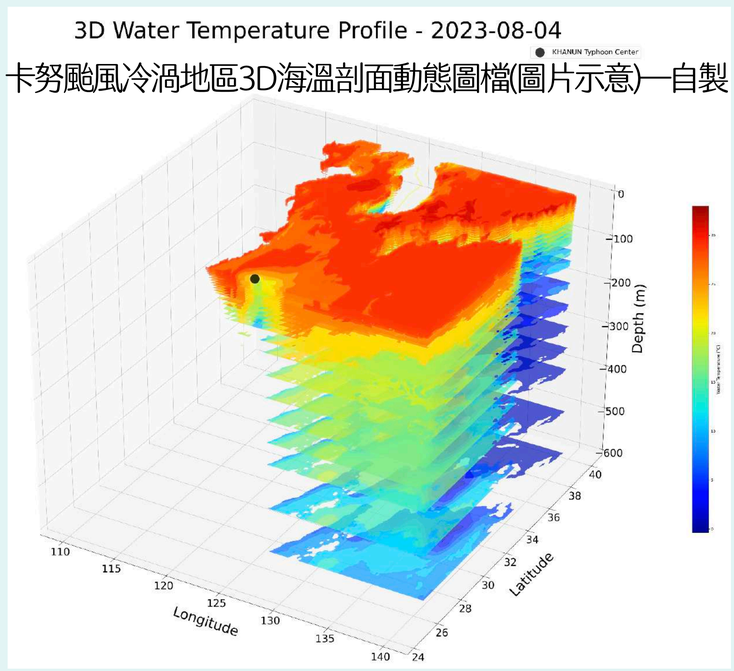
結果討論

一、繪製 3D 海溫變化動態圖檔判斷冷渦

運用大數據視覺化工具，繪製2019年至2023年每年6月1日至10月30日的3D海溫變化動態圖檔（圖10）。這些3D視覺化動態圖能夠直觀呈現海水溫度的垂直變化和時間動態，透過逐日的變化圖表，我們可以更清楚地觀察到海洋表層和深層水溫的變化趨勢，以及季節性影響下不同海域的溫度波動。



（圖10 3D海溫變化動態圖檔—自製）



卡努颱風冷渦地區3D海溫剖面動態圖檔(圖片示意)—自製

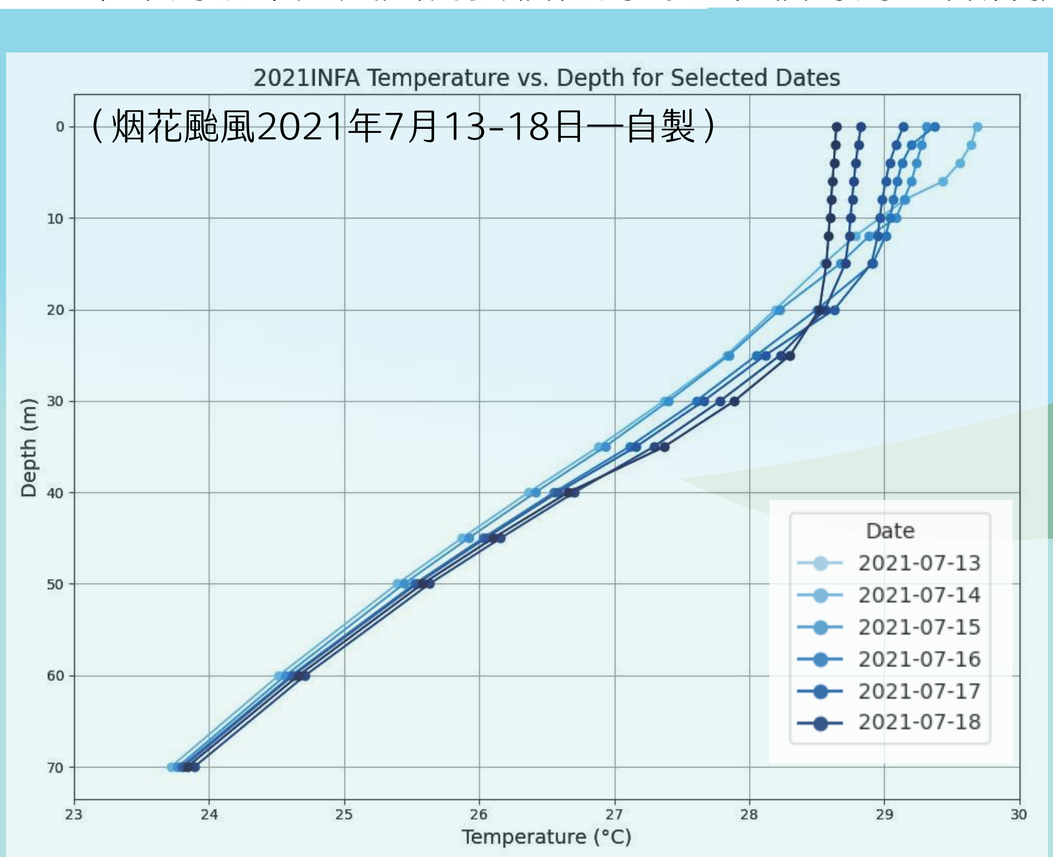
將時間間距和範圍縮小至我們所選取的五個颱風的颱風生命期間，便可從中觀察颱風的移動方向和海水的湧升情形。
2024年6月1日至8月17日的3D海溫變化動態圖檔

- 2019年6月1日至10月30日海溫變化動畫檔
- 2020年6月1日至10月30日海溫變化動畫檔
- 2021年6月1日至10月30日海溫變化動畫檔
- 2022年6月1日至10月30日海溫變化動畫檔
- 2023年6月1日至10月30日海溫變化動畫檔
- 2024年6月1日至08月17日海溫變化動畫檔

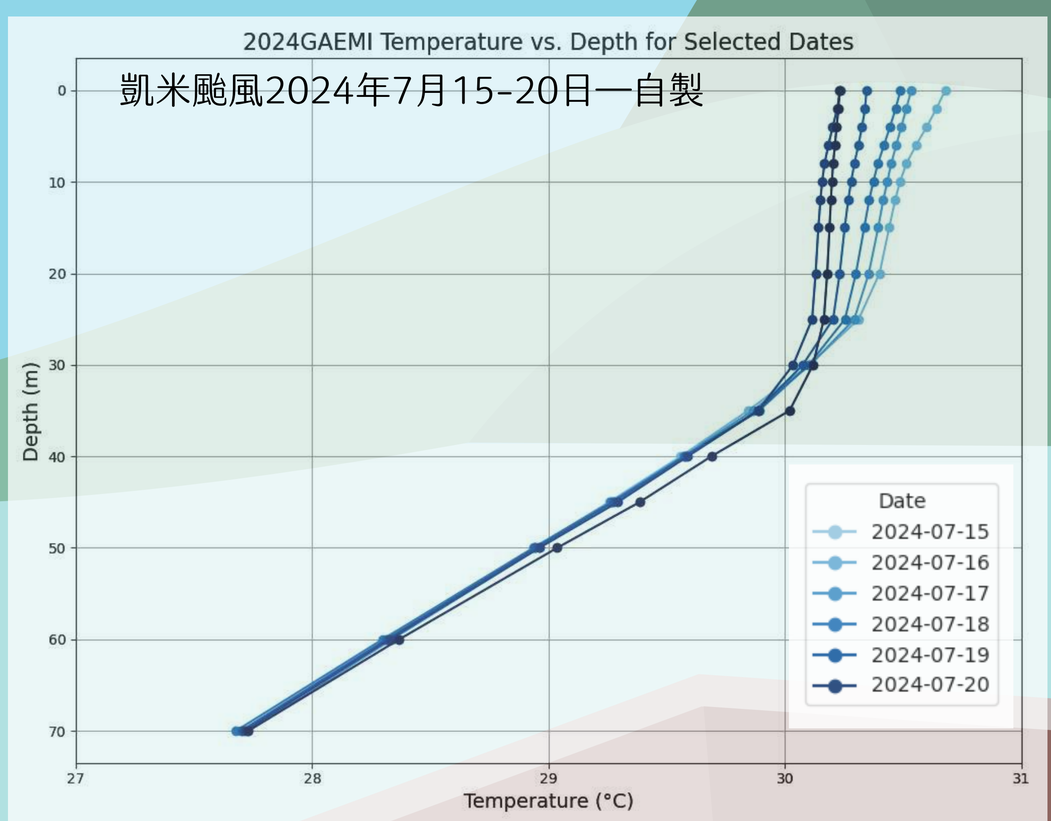
2020年巴威颱風的冷渦出現在較高緯度，接近韓國近海；2021年烟花颱風在台灣東北海域形成冷渦，導致中緯度地區海水溫度提前下降；2022年梅花颱風發生於強烈的反聖嬰年，當時北太平洋的海水溫度異常偏高；2023年卡努颱風形成了一個異常巨大的冷渦，在觀察其冷渦剖面時，能明顯的看出海水上湧的情形，影響持續時間更長；2024年凱米颱風並未形成明顯的冷渦。

二、不同氣候現象下颱風生成前五天至當日的海溫變化

海表溫度至生成當日皆呈現逐漸下降。不同的是，2021年的烟花颱風生成的海表溫度低於30度且有較薄的混合層，而2024年的凱米颱風不但在生成時有較厚的混合層，在生成時的海表溫度也高於烟花颱風，介於30度至31度之間。我們的結果發現生成於反聖嬰年的烟花颱風相較正常年的凱米颱風只需要較低的海溫和較薄的混合層就能夠生成颱風。

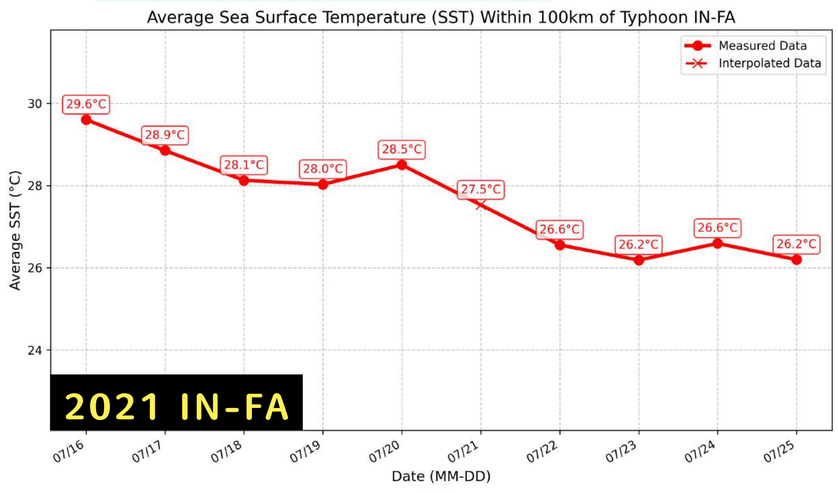


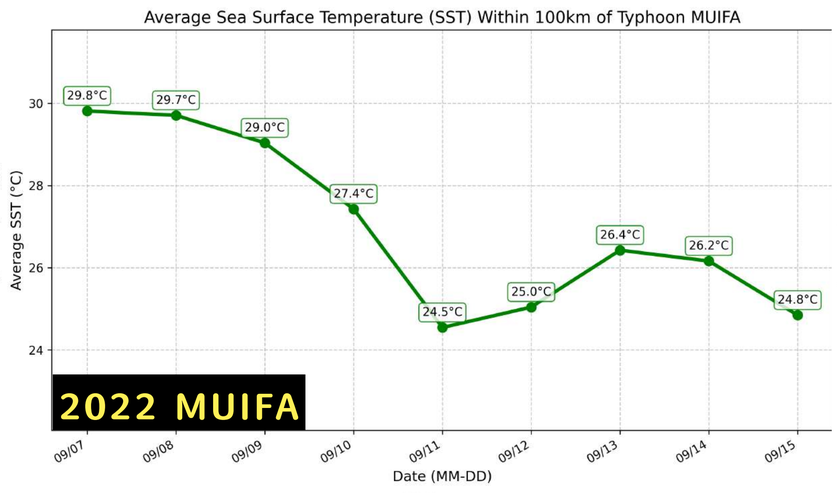
（烟花颱風2021年7月13-18日—自製）

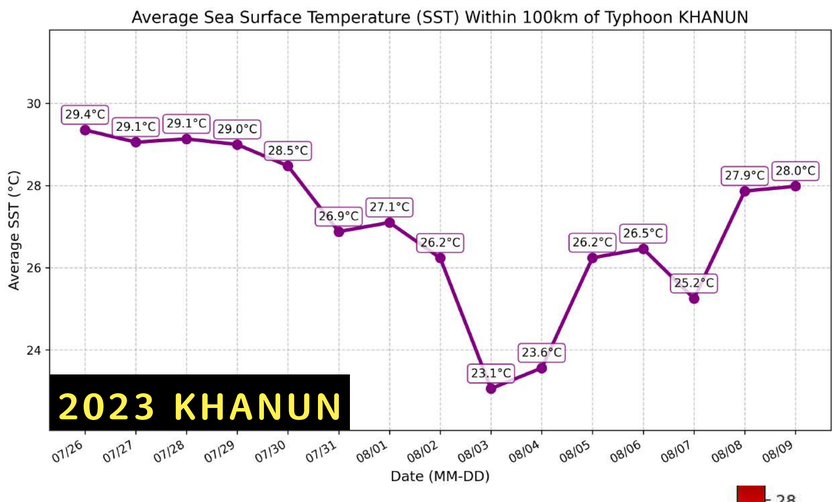


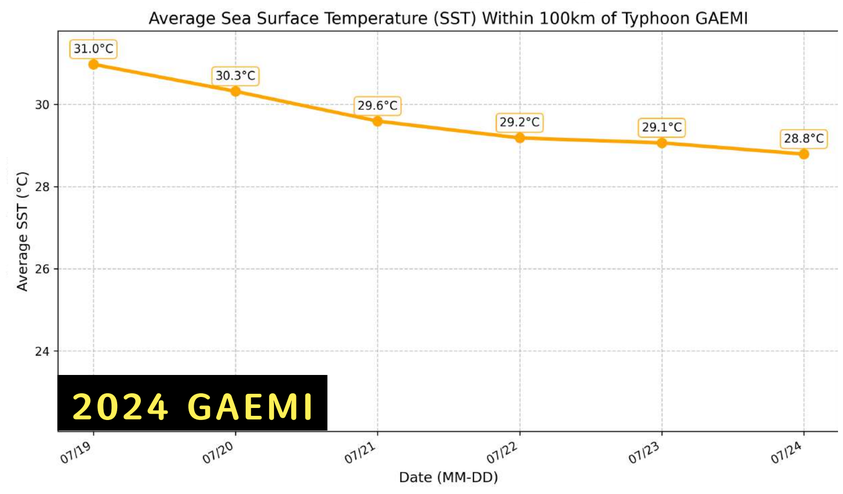
凱米颱風2024年7月15-20日—自製

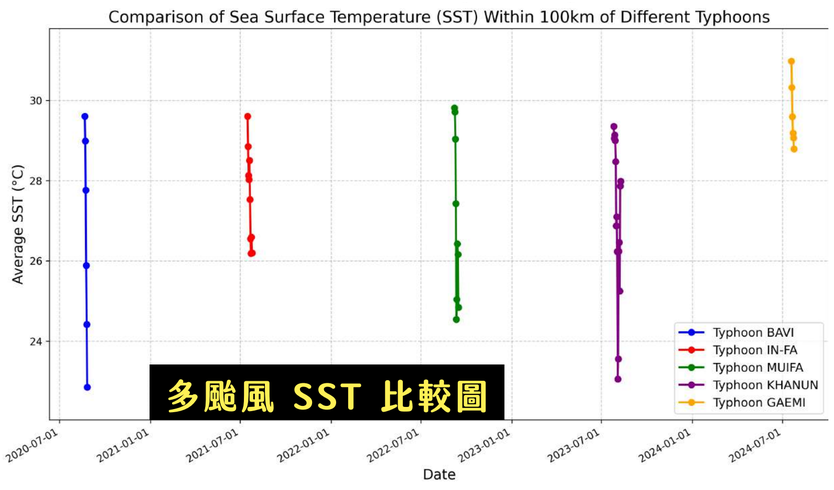
三、颱風生命期間海表溫度時序圖(半徑100公里範圍)四個颱風的海表溫度變化圖、多颱風SST比較圖、卡努颱風冷渦—自製

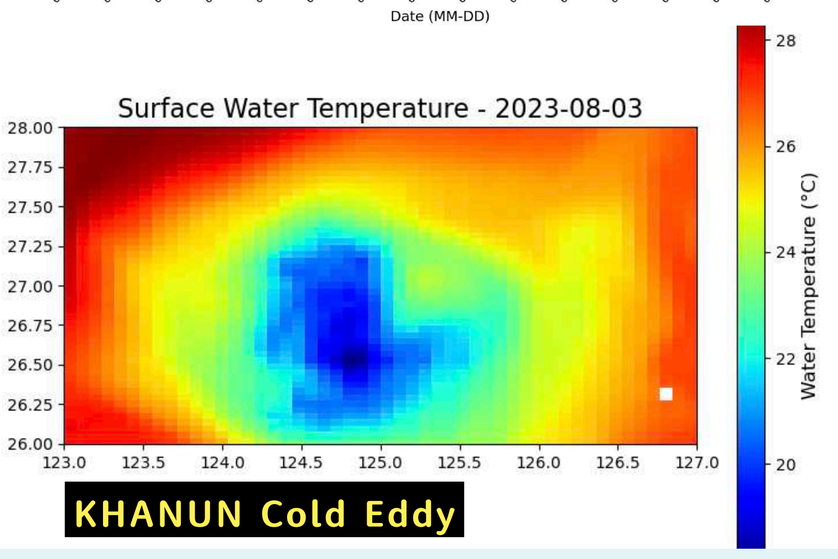




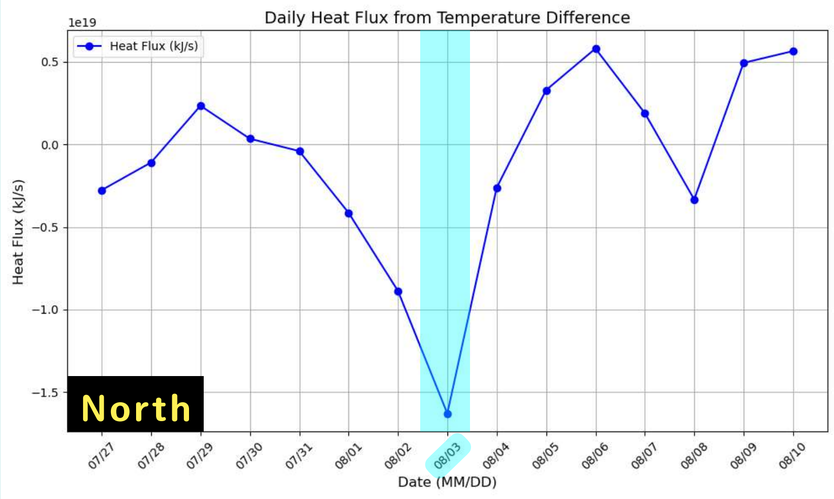


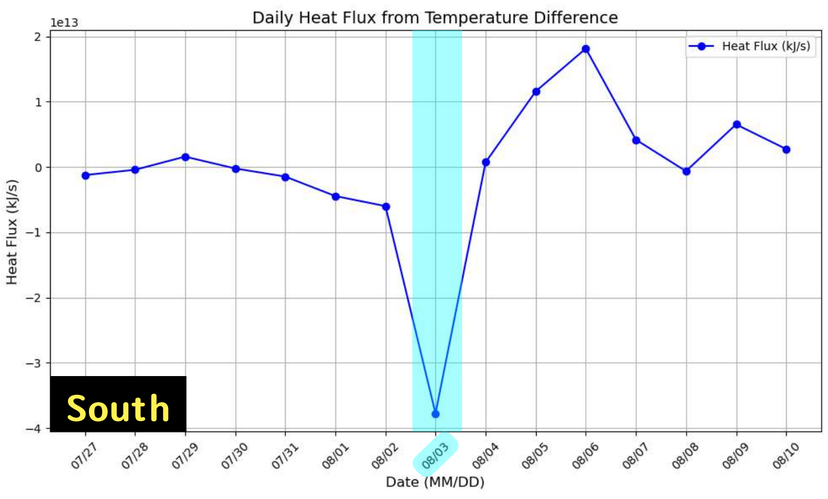


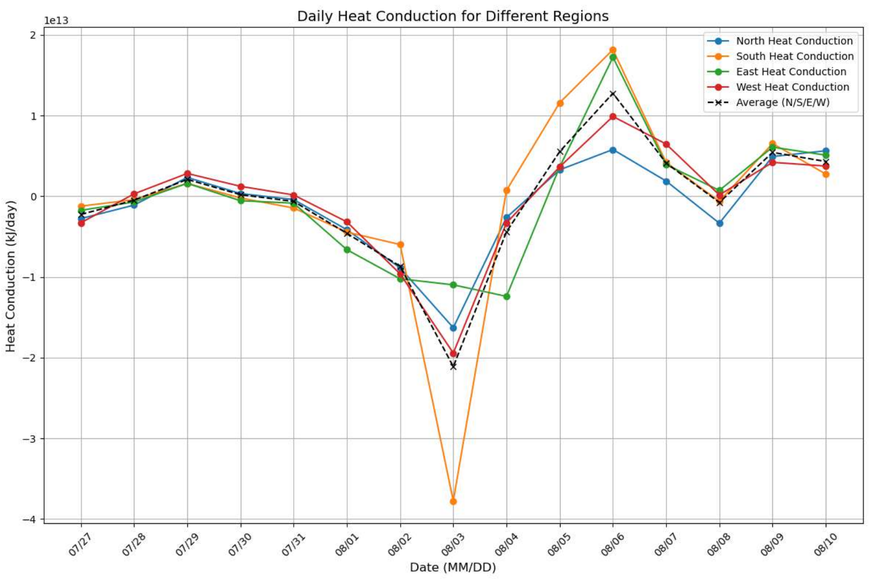


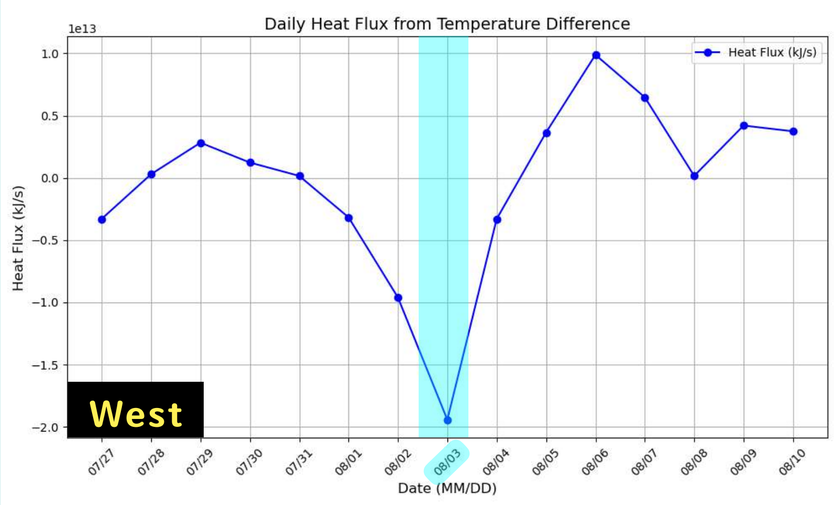


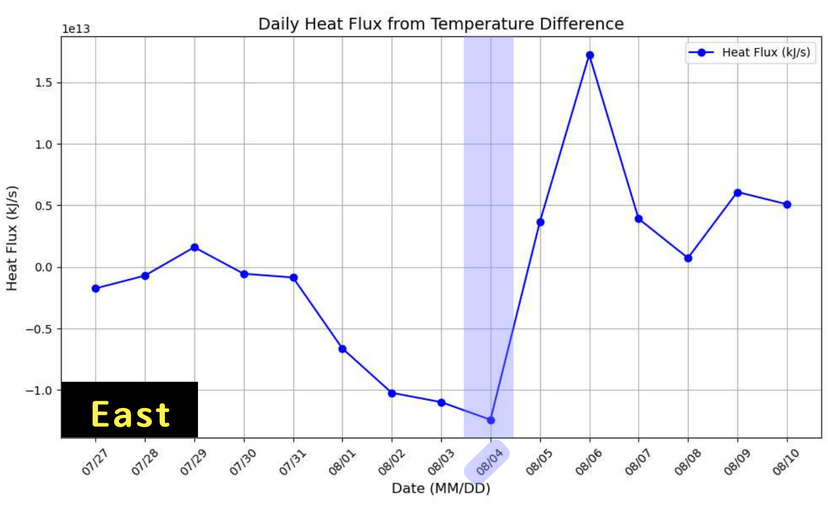
四、卡努颱風冷渦的熱傳導值 冷渦中心往四個方向的熱傳導折線圖、整體熱傳導數值比較圖—自製）







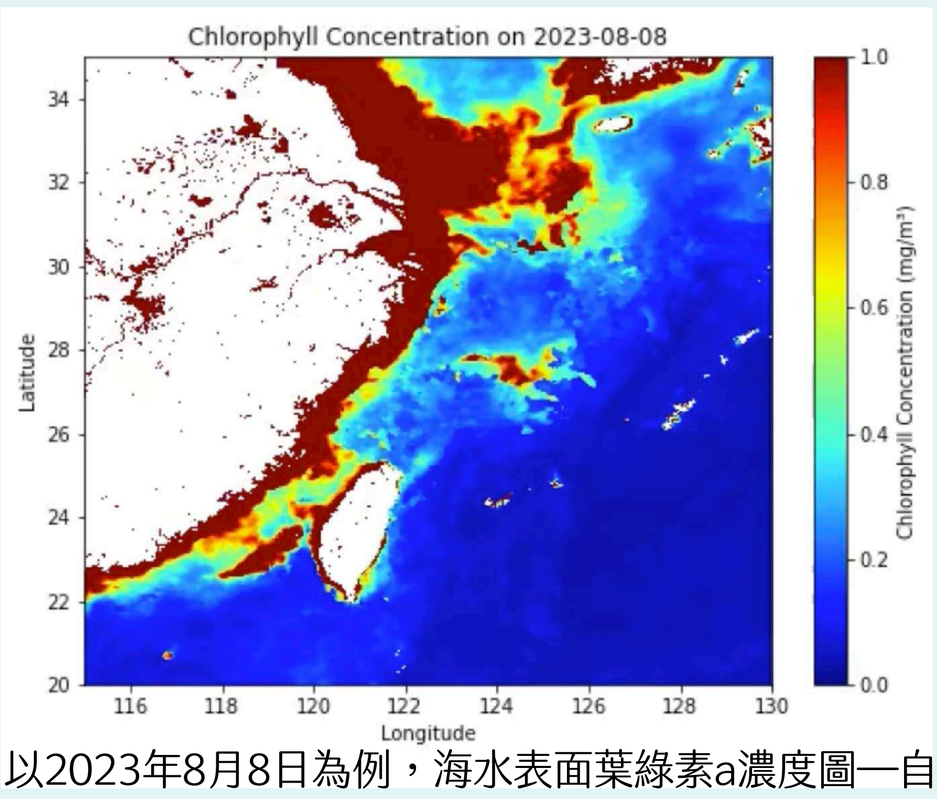




方向向西、向南和向北的熱傳導值皆在 8 月 3 號達到最低點，而向東的熱傳導值 8 月 4 號才到最低點，推測是因颱風路徑在滯留產生冷渦後逐漸向東北方移動，進而導致向東的熱傳導值較晚產生變化和向南的熱傳導值變化趨勢最大。

五、繪製葉綠素a變化動態圖檔

使用從美國大氣海洋總署的大數據資料庫取得葉綠素a的資料，時間為2023年7月26日至9月26日的葉綠素a視覺化動態圖檔，觀察在冷渦發生後，是否真的有帶動周邊海域營養鹽上湧的情形。



（圖12 以2023年8月8日為例，海水表面葉綠素a濃度圖—自製）

冷渦發生後 8 月 8 日出現高濃度葉綠素a，並持續至 9 月 22 日，這也證明了颱風所產生的冷渦確實能帶出漁場生態條件，並且**可維持一個半月**左右。

卡努颱風期間海水表面葉綠素a濃度日變化連續動畫圖—自製
範圍：東經115~130度、北緯20~35度。

結 論

一、颱風在冷渦位置引發強烈的上升流，有助於促進生態系統和漁場發展。
二、在正常年，颱風生成需要較厚的混合層和較高的海水溫度才得以驅動。
三、結合海溫趨勢與颱風路徑，我們可以推測冷渦與海溫之間的關連性。
四、分析冷渦的熱傳導模式可以幫助我們預測其未來移動方向。
五、颱風所產生的冷渦確實能使海底營養鹽上湧，產生潛力漁場。

參考文獻：

- 余嘉裕、花雲挺、涂建翊。熱帶太平洋地區大氣與海洋年際變異度研究：海溫、低層大氣與颱風。教育資料與研究。
- 解析70年全球海洋大數據，海水表面溫度上升超過1℃下，對全球海風及波高之間的相互影響分析（113-05-07）。國家科學及技術委員會。
- 颱風生成大遲到，一遇到台灣就轉彎，史上罕見異象、歷年慘重災情一次解密。聯合新聞網。
- 探索極端氣候—颱風的形成與發威（第11期2018年10月）。國立海洋科技博物館。
- 劉威廷（2024）。軒嵐諾颱風 2022 與卡努颱風 2023 冷水坑成因之能量通量分析。
- Emmanuel M. Vincent, Matthieu Lengaigne, Jérôme Vialard, Gurvan Madec, Nicolas C. Jourdain, Sébastien Masson(2012, May15) .Assessing the oceanic control on the amplitude of sea surface cooling induced by tropical cyclones
- 劉欣怡、戴仁華、張雅婷、楊益、唐存勇。西北太平洋長期海氣象觀測系統：莫拉菲(Molave)颱風個案探討。
- Xiangcheng Li, Xiaoping Cheng, Jianfang Fei, and Xiaogang Huang(2020,November15). A Numerical Study on the Role of Mesoscale Cold-Core Eddies in Modulating the Upper-Ocean Responses to Typhoon Trami (2018)
- Zhanhong Ma(2020,January1). A Study of the Interaction between Typhoon Francisco (2013) and a Cold-Core Eddy. Part I: Rapid Weakening
- Ioannou, A. (2019). “Dynamical evolution of intense mesoscale Ierapetra eddies in connection with orographic wind forcing”. PhD thesis. Sorbonne université.