

**Keyword: low visibility, island climate, dense fog, WRF model**

## 海洋數值模式與 SST 之驗證與分析-以 2008、2016 年「寒害」為例

彭信碩<sup>1</sup>、張俊皓<sup>2</sup>、陳泰吉<sup>3</sup>、吳妮恩<sup>3</sup>

<sup>1</sup>海軍大氣海洋局航海圖資料科

<sup>2</sup>空軍氣象聯隊氣候科

<sup>3</sup>空軍航空技術學院戰航管氣象組

### 摘 要

為探討全球海洋數值模式應用於臺灣周邊海域之成效，本研究針對美國海軍實驗室 (Naval Research Laboratory, NRL) 所發展的全球混合座標海洋模式 (1/12° Global HYbrid Coordinate Ocean Model, G-HYCOM, 以下簡稱 HYCOM) 於 2008 年 2 月所模擬的 SST (Sea Surface Temperature, SST) 結果進行分析，並將 HYCOM 所模擬之 SST 資料與高解析度 SST (Group for High Resolution SST, GHRSSST) 的衛星遙測資料相互驗證比較。

研究區域設定為臺灣周邊海域 (15~30°N; 115~130°E)，並選定以 2008 年 2 月之澎湖寒害及 2016 年 1 月之臺灣本島寒害進行個案研析。結果顯示於 2008 年 2 月期間，雖然 HYCOM 所模擬之海溫結果多數低於 GHRSSST 衛星遙測資料且於臺灣海峽一帶有較明顯之均方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE)，但其仍有模擬出強勁中國沿岸流南下之趨勢，因此本研究證明利用三維海洋數值模式進行 SST 之預報仍有其參考性，惟在參考模式模擬之結果時，仍須配合浮標及衛星遙測資料進行相互驗證，使模式預報更具參考價值。

另針對 2016 年 1 月個案分析顯示，雖然本研究僅用 GHRSSST 衛星遙測資料進行探討，但仍可發現造成 2008 年 2 月澎湖寒害與 2016 年 1 月臺灣地區寒害事件的原因有所不同。經分析於 3 個時段 (2007 年 2 月、2008 年 2 月及 2016 年 1 月) 內，溫度並沒有明顯改變，因此推斷中國沿岸流並沒有明顯流經臺灣西南近海，進而造成明顯溫降，致使魚類大量死亡。

**關鍵字：海洋數值模式、SST、均方根誤差、相關係數**

## 第一章 前言

臺灣位於東亞大陸棚邊緣上，地理位置相當特殊，周圍的海洋環境多元，氣候上跨越熱帶及副熱帶，季節性的氣象變化明顯。多變的海洋與氣象環境，時刻牽動著臺灣各層面之面相，大者可影響政府決策，小者可影響人民的生活細節，因此針對氣象與海洋準確預報的需求日益增加。多年以來，我國對於臺灣周邊海域的海洋研究不遺餘力，長期利用海洋探測儀器進行現場探測，以獲取珍貴的研究數據，持續多年的觀測作業使我們對於臺灣附近海域的水文及流場有更進一

步的瞭解，並使海洋科學知識快速躍進。然而船舶量測及浮標觀測等作法，並無法取得空間上全面性的水文及流場資料，因此想要更全面、透徹地瞭解臺灣周邊海域的海洋資訊，除了運用現場觀測資料外，必須尋求其他方法及技術，以提昇臺灣附近海域的研究，並將所收集到之資料加以整合研究，進而提供所需單位精準的海氣象預報。

## 第二章 研究動機與目的

由於即時海象資訊對於船隻航行安全、災難防救處理、漁業撈捕養殖乃至於國家海疆防禦等領域甚為重要，因此我國積極建置

相關環臺海氣象觀測網，同時培訓專業人員與技術團隊，期望藉由完善的觀測網，提供即時之海氣象資訊服務。早先自民國86年起由中央氣象局開始執行環島海氣象觀測計畫，先後建置花蓮、新竹等浮標測站，民國87年中央氣象局與觀光局合作並委託成功大學近海水文中心建置龍洞資料浮標，並於同年經濟部水利署亦委託該中心建置與操作環臺近海水文觀測網，並陸續增設金門、臺東等測站。近年來因應國際海洋事務及相關活動之激增，中央氣象局為了滿足有關單位所需海洋氣象資料的各種需求，於颱風常經路徑設置深海觀測浮標，主要計有臺東外洋及東沙島等2個測站，以期早先獲得颱風相關之海氣象資料作為預報參考資料。根據成功大學近海水文中心網站介紹，截至民國101年為止，共建置觀測站計43站，其中包含資料浮標站17站、氣象站14站、潮位站12站，這些觀測站維護相當不易且資料十分珍貴，其所測得之資料主要作為我國海氣象預報與防救災之基礎。惟由於此觀測網之空間解析度仍嫌不足，無法全般掌握臺灣周邊海域海氣象資訊，例如現階段針對SST預報並無完善之機制，因此本研究主要探討如何應用三維海洋數值模式配合實際觀測資料進行SST(Sea Surface Temperature)之預報。

過去十幾年來海洋數值模式隨著海上及衛星觀測資料量的增加，模式的準確度也逐漸改善中，多種數值模式也隨之發展，綜合相關海洋模式文獻回顧所述，國內外學者及相關研究機構利用海洋數值模式研究了深海大洋地區及沿海近岸地區等不同區域的水文特性，並做了很多前瞻性的工作，這使得海洋數值模式成為了全方位了解海洋的方法之一。本研究希望藉由分析HYCOM及GHRSSST衛星遙測之2008年2月及2016年1月之SST資料，來探討造成2008年2月澎湖寒害與2016年1月臺灣本島之原因，並將研究結果，作為改進臺灣周邊海域三維海洋模式之參考，期

望未來能藉由模式進行相關SST之預報，提昇寒害預測、預警及因應處理機制。

### 第三章 研究區域及資料介紹

#### 第一節 研究區域範圍

本研究主要著重於臺灣周邊海域一帶SST的探討，因此配合模式輸出結果，設定研究區域為北緯15度至30度；東經115度至130度。

#### 第二節 研究資料介紹

##### 第一項 HYCOM 簡介及來源

OM為三維的海洋數值模式，由美國海軍海洋局(Naval Oceanographic Office)所運作，除了能夠提供未來7日海洋預報資訊支援美國海軍各項任務需求外，同時可作為更高解析區域模式(regional model)的邊界條件來源。模式修改自邁阿密等密度座標海洋模式(Miami Isopycnic Coordinate Ocean Model, MICOM) (Bleck & Smith, 1990)。垂直方向採用混合座標(包含等密度座標、sigma座標以及Z座標)。混合座標的優勢在於突破傳統等密度坐標海洋模式的應用範圍，進而彌補MICOM在淺海區域垂直分層不足的缺點，使得模式的模擬能力更好。有關於HYCOM的簡介與驗證，在Bleck (2002)中有詳細的介紹。本研究所使用的HYCOM輸出結果取自於HYCOM網站，資料格式為NetCDF(Network Common Data Format)檔案。為了配合本研究時間期程，主要擷取2008年2月00Z及2016年1月00Z之HYCOM + NCODA Global 1/12° Reanalysis data進行研究，資料時間解析度為1天1筆。

##### 第二項 GHRSSST遙測資料簡介

全球海洋資料同化實驗(Global Ocean Data Assimilation Experiment, GODAE)始於1997年，其中所提供之高解析度SST資料(GHRSSST)是透過衛星遙測資料與現場觀測資料(in situ data)內插計算而得，為無空隙

(No gaps)之產品。本研究所使用的 GHRSSST 資料取自於 GODAE 網站，資料格式為二進位(binary)檔案。為大範圍的實際遙測資料，主要用於模式驗證。同時為了配合 HYCOM 輸出結果的時間長度與解析度，主要擷取 2008 年 2 月 00Z 及 2016 年 1 月 00Z 之 GHRSSST data 進行研究，資料時間解析度為 1 天 1 筆。

### 第三節 研究個案介紹

#### 個案一 2008 年澎湖寒害

自 2008 年 1 月份起，隨著大陸冷氣團持續增強並南下，造成臺灣地區寒冷的氣候型態。根據潛水協會與澎湖水試所於 2008 年 2 月 15 日實地勘查結果顯示，於澎湖海域水下約 10 公尺處，實際量測之海溫僅僅只有 11.7 度，低溫顯然魚類相當不利的生存環境。另根據 2008 年 2 月 18 日各家媒體新聞報導，澎湖海域傳出大量魚群凍死的災情。根據農委會估計澎湖地區養殖漁業，包括海鱺、石斑等魚種大量死亡，損失金額估算約 1 億 8 仟萬餘元。澎湖水試所與潛水協會潛水勘查後表示，表示澎湖海域野生魚類死亡情形，更為嚴重。海底所發現的魚屍，研判是海灘的十倍，海底魚群的大量死亡，將直接嚴重衝擊澎湖漁業產量及周遭生態，對澎湖當地經濟民生的損失難以估計。

#### 個案二 2016 年臺灣本島寒害

自 2016 年 1 月 22 日，因受寒流影響使得臺灣地區氣溫持續降低，根據中央氣象局臺北測站實測氣溫資料顯示，自 2016 年 1 月 23 日 15 時起，持續 62 小時氣溫皆低於攝氏 10 度，而於 2 月 24 日清晨平地觀測，臺北測站最低氣溫僅僅只有攝氏 4 度，距離上次臺北測站出現如此的低溫紀錄已是在 40 多年前(1972 年 3 月 2 日臺北測站日最低溫為 3.2 度)。根據觀測資料顯示，全臺多處海拔 500 至 700 公尺的地區氣溫降至攝氏 0 度以下。由於此次寒流事件受到華南雲系東移影響，因此水氣量充足，中央氣象局在玉山、

阿里山、日月潭、鞍部及竹子湖等測站皆有降雪觀測紀錄，而新竹測站則是設站以來第一次下雪，另臺北及嘉義測站首次觀測到冰珠。此波寒流持續至 2 月 26 日晨間，26 日上午起各地氣溫回升、降雨趨緩，寒流時序圖如圖 1 所示。

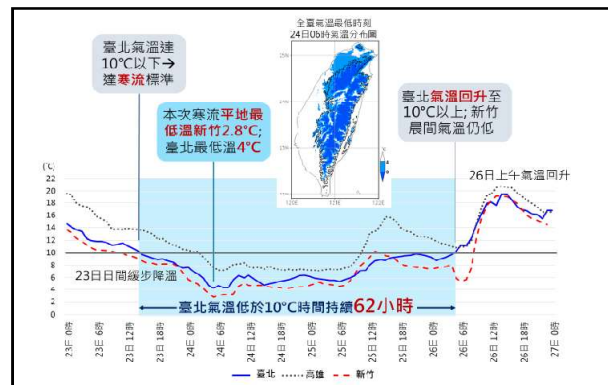


圖 1. 2016 年 1 月 23 至 26 日臺北、新竹及高雄測站之逐時氣溫變化；24 日 06 時氣溫分布圖以及寒害歷程說明（氣溫高低如色標尺所示，黑實線為 500 公尺等高線。氣溫資料來源：中央氣象局；製圖：國家災害防救科技中心）。

## 第四章 分析步驟及方法

### 第一節 分析步驟

本研究主要目的為驗證 2008 年 2 月之 HYCOM 於臺灣周邊海域所模擬之 SST 的準確度，並找出造成澎湖寒害之原因，分析步驟如下：

- GHRSSST 衛星資料準確度之驗證。
- GHRSSST 與 HYCOM 比較。
- 寒害原因之探討。

### 第二節 分析方法

#### 第一項 內插法

內插法就是在有限的已知量測數據中，預估特定自變量在該趨勢中所對應之應變量值，因此內插方法的好壞除了以精確度來判斷外，亦須考慮是否具有般化特性以應付各種幾何條件、能否有效率執行、是否容易執行等特性。本研究採用 MATLAB 軟體作

為分析工具，並使用 interp1.m(一維線性內插法)及 interp2.m(雙線性內插法)等指令進行資料內插。

## 第二項 驗證指標

本研究主要採用 5 個驗證指標(如下所述)來評估 HYCOM 於 2008 年 2 月於臺灣周邊海域 SST 模擬之能力。

- 算術平均數 (Arithmetic mean)。
- 標準差 (Standard Deviation, S)。
- 平均差 (Mean Error, ME)。
- 均方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE)。
- 相關係數(Correlation Coefficient, R)。

## 第五章 結果與討論

### 第一節 GHRSSST 衛星資料準確度之驗證

以彭(2015)研究結果作為參考，該研究以 CWB 的浮標 SST 資料作為正確的實際觀測值，用以驗證 GHRSSST 之準確度。主要是利用 2 維線性內插方法將 GHRSSST 所提供之 2012 年衛星 SST 資料內插到 CWB 的浮標點位，並將內插後的結果分別對馬祖、新竹、小琉球、東沙島以及臺東外洋等 5 個浮標 SST 資料進行比較。根據各浮標點位 2012 年 SST 時序圖(省略)顯示，GHRSSST 與各浮標的 SST 趨勢相似，此外透過驗證指標分析後，得到於 5 個浮標點位處兩者之間的 RMSE 在 2 °C 以內，而 R 皆可達 0.88 以上。由此確認 GHRSSST 所提供之衛星 SST 資料於臺灣周邊海域具有一定的準確度。

### 第二節 GHRSSST 與 HYCOM 比較

於確認 GHRSSST 所提供之衛星 SST 資料具有一定的準確度後，接下來以 GHRSSST 的 SST 資料作為正確的實際觀測值，對 HYCOM 進行臺灣周邊海域之 SST 驗證。有關 2008 年 2 月之 SST 平均差及均方根誤差之分析比較如下：

#### 第一項 2008 年 2 月 SST 平均差

以 HYCOM 之 2008 年 2 月平均 SST 減去 GHRSSST 之 2008 年 2 月平均 SST，求取 SST 平均差，並將資料圖像化。如圖 2 所示，以色階(shading)表示 ME，其範圍介於 -5 至 5 °C 之間，可以看出位於臺灣海峽一帶，HYCOM 之 2008 年 2 月平均 SST 略低於 GHRSSST 之 2008 年 2 月平均 SST。

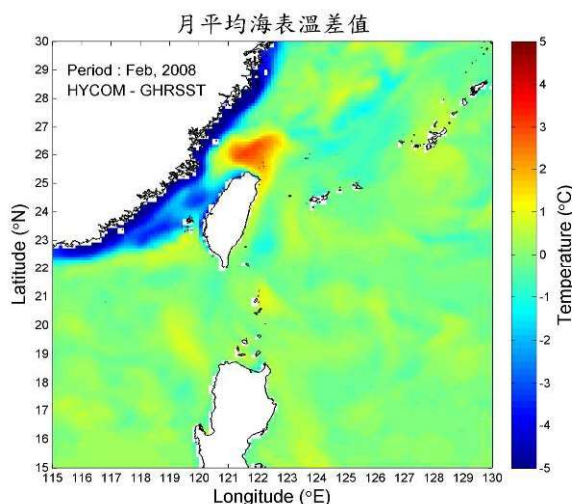


圖 2. 2008 年 2 月 SST 平均差。

#### 第二項 SST 均方根誤差比較

以 GHRSSST 的資料作為正確的實際觀測值對 HYCOM 進行 SST 之驗證。經過分析後，求取 RMSE，並將資料圖像化。如圖 3 所示，以色階(shading)表示 RMSE，其範圍介於 0 至 3 °C 之間，可以看出於臺灣海峽一帶，其 RMSE 較為明顯。

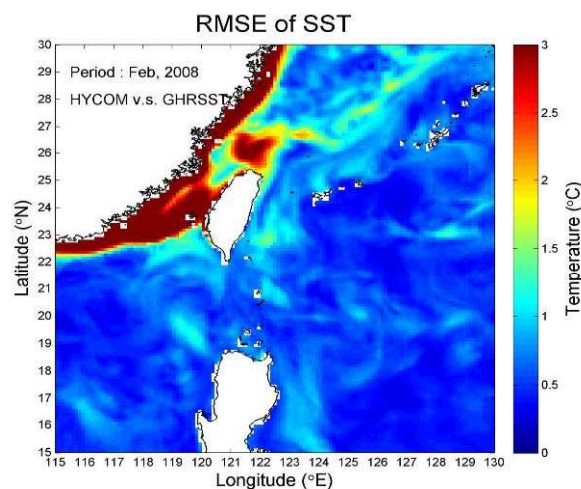


圖 3. 2008 年 2 月 SST 均方根誤差。

### 第三節 寒害原因之探討

#### 第一項 2008 年 2 月澎湖寒害

由於未取得 2008 年 2 月水利署馬公浮標之實測 SST 資料，因此本研究改以 GHRSSST 衛星遙測之 SST 資料作為實際觀測值與 HYCOM 所模擬之 SST 資料進行比較，進一步探討造成寒害之原因。

本研究收集 GHRSSST 之 2007 年 2 月及 2008 年 2 月與 HYCOM 2008 年 2 月之 SST 資料，將資料內差至水利署馬公浮標之點位，並將資料圖像化，其 SST 時序圖如圖 4 所示，Y 軸代表溫度(°C)，X 軸代表時間(days)，藍色點線表示 GHRSSST(2007 年 2 月)，紅色點線表示 GHRSSST(2008 年 2 月)，綠色點線表示 HYCOM(2008 年 2 月)。結果顯示：於 2008 年 2 月期間，GHRSSST 與 HYCOM 之 SST 資料(平均溫度小於 20 °C)皆低於 2007 年 2 月期間 GHRSSST 之 SST 資料(平均溫度約為 22.5 °C)，且低溫維持時間持久，由此可以看出於 2008 年 2 月期間有明顯之溫降。

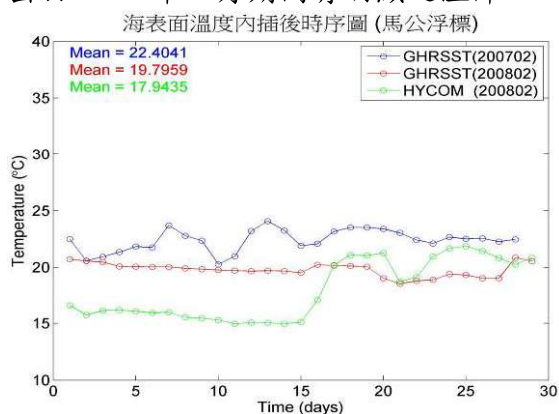


圖 4. 馬公浮標 SST 時序圖。

#### 第二項 2016 年 1 月臺灣本島寒害

由於未取得 2016 年 1 月水利署彌陀浮標之實測 SST 資料及 HYCOM 所模擬之 SST，因此本研

究僅以 GHRSSST 衛星遙測之 SST 資料進行探討。本研究收集 GHRSSST 之 2007 年 2 月、2008 年 2 月及 2016 年 1 月之 SST 資料，將資料內差至水利署彌陀浮標之點位，並將資料圖像化，其 SST 時序圖如圖 5 所示，Y 軸代表溫度(°C)，X 軸代表時間(days)，藍色點線表示 GHRSSST(2007 年 2 月)，紅色點線表示 GHRSSST(2008 年 2 月)，黑色點線表示 GHRSSST (2016 年 1 月)。結果顯示：於 3 個時段(2007 年 2 月、2008 年 2 月及 2016 年 1 月)，GHRSSST 之 SST 資料時序圖趨勢相近，而平均溫度介於 23.5~24.5 °C 之間(變動在 1 °C 以內)，由此可以看出於彌陀浮標點位一帶(臺灣西南近海)，溫度並沒有明顯改變，此結果與王等(2016)分析結論一致，即於 2016 年 1 月期間，臺灣鄰近海域的海溫無明顯升降。

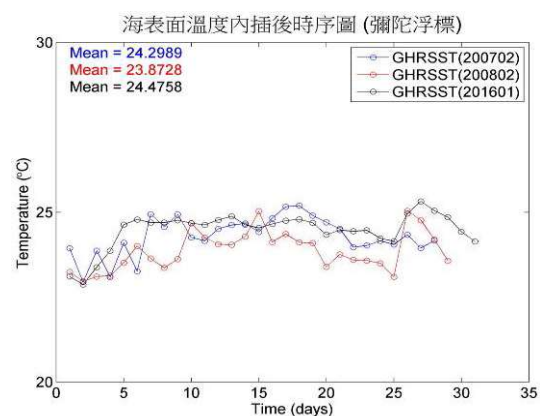


圖 5. 彌陀浮標 SST 時序圖。

## 第六章 結論與未來展望

本研究利用 GHRSSST 衛星遙測之 SST 資料作為正確的實際觀測值，對 HYCOM 進行臺灣周邊海域之 SST 驗證，結果如下所述：

透過 GHRSSST 衛星遙測之 SST 資料顯示(省略)，於 2008 年 2 月期間，針對臺灣海峽西側確實有觀測到明顯之中國沿岸流南下，且其範圍有由西向東擴散至臺灣海峽東部(澎湖群島附近海域)之趨勢，此一結果與其

2007 年 2 月之 SST 資料(省略)比較有明顯差異,亦即於 2008 年 2 月時期之中國沿岸流的強度明顯高於 2007 年 2 月時期。另根據 HYCOM 模擬 2008 年 2 月之 SST 資料(省略)顯示,其所模擬出之 SST 同樣於臺灣海峽西側有較明顯之中國沿岸流南下,且其範圍有由西向東擴散至臺灣海峽東部(澎湖群島附近海域)之趨勢,此結果與 GHRSSST 遙測之 SST 資料有著相同趨勢,惟 HYCOM 於臺灣海峽一帶之模擬結果大多略低於 GHRSSST 衛星遙測資料(省略)。此外經由兩者之 RMSE 比較結果(省略)發現於臺灣海峽一帶有較明顯之 RMSE。

綜上所述,本研究認為於 2008 年 2 月造成澎湖寒害的主因為強勁之中國沿岸流南下並由西向東擴散至臺灣海峽東側所致,而造成強勁之中國沿岸流主因,本研究參考陳等(2008)之研究結果,認為是因為當時的大陸冷氣團所伴隨之東北季風達一定強度使得溫度夠低而且持續,致使冷空氣能和海水的混合層充分混合,造成海溫有效降低,而使魚類無法生存而發生大規模死亡事件。另透過 2008 年 2 月個案分析顯示,雖然 HYCOM 模擬結果大多略低於 GHRSSST 衛星遙測資料且於臺灣海峽一帶有較明顯之 RMSE,但其仍有模擬出強勁中國沿岸流南下之趨勢,因此本研究認為利用三維海洋數值模式進行 SST 之預報仍有其參考性,惟在參考模式模擬之結果時,仍須配合浮標及衛星遙測資料進行相互驗證,使模式預報更具參考價值。

另針對 2016 年 1 月個案分析顯示,雖然僅用 GHRSSST 衛星遙測資料進行探討,但仍可發現造成 2008 年 2 月澎湖寒害與 2016 年 1 月臺灣地區寒害事件的原因有所不同。在 3 個不同時段(2007 年 2 月、2008 年 2 月及 2016 年 1 月),溫度並沒有明顯改變,因此推斷中國沿岸流並沒有明顯流經臺灣西南近海,進

而造成明顯溫降,致使魚類大量死亡。由於現階段我國對於寒害尚未有完整的監測、預警機制,因此當有極端的氣候事件發生時,往往應變不及而致使大規模寒害龐大的生態衝擊與經濟損失。

目前國軍對於救災演訓任務之海氣象預報相當重視,雖然目前使用三維海洋數值模式進行相關海氣象參數預報仍有改進之空間,但藉由參考模式預報資料進而達到提前預警的方式仍是值得運用,為此海軍將於民國 106 年底前完成超級電腦換裝,並將現階段最新之大氣及海洋預報模式建置至此新一代裝備,期望未來能有效提升國軍海氣象預報之能力,進而使各項演訓任務順遂。

## 參考文獻

- 資料來源：成功大學近海水文中心網站。  
<http://www.comc.ncku.edu.tw/chinese/cobs.htm>。
- 資料來源：HYCOM 網站。  
<https://hycom.org/>。
- 資料來源：GODAE 網站。<http://199.9.2.160/>。
- 王安翔、龔楚嫻、吳宜昭、于宜強, 2016：2016 年 1 月臺灣地區寒害事件彙整與分析。國家災害防救科技中心, 災害防救電子報第 128 期, 15 頁。
- 彭信碩(2015)：臺灣周邊海域三維海洋數值模式與海表面溫度觀測之驗證與分析。中山大學海洋科學系研究所學位論文, 1-126。
- 廖恩惠、王佳、江毓武(2012)：2008 年澎湖海域寒害事件的 EOF 分析。廈門大學學報(自然科學版),51(1)。
- 李明安、李國添、周宏農、邵廣昭、曾建璋、鄭明修(2009)：澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測及預警體制之建立。農委會 98 年度科技計畫研究報告。臺北, 246 頁。

- 陳永明、于宜強、黃柏誠(2008)：澎湖海域 2008 年寒害分析報告。國家災害防救科技中心，災害防救電子報第 35 期，5 頁。
- Bleck, R. (2002). An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-Cartesian coordinates. *Ocean modelling*, 4(1), 55-88.
- Bleck, R., & Smith, L. T. (1990). A wind-driven isopycnic coordinate model of the north and equatorial Atlantic Ocean: 1. Model development and supporting experiments. *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978–2012), 95(C3), 3273-3285.
- Hogan, P. J., Wallcraft, A. J., Hurlburt, H. E., Metzger, E. J., & Townsend, T. L. (2003). Nesting Studies with HYCOM at NRL. NAVAL RESEARCH LAB STENNIS DETACHMENT STENNIS SPACE CENTER MS.
- Kara, A. B., Barron, C. N., Martin, P. J., Smedstad, L. F., & Rhodes, R. C. (2006). Validation of interannual simulations from the 1/8° global Navy Coastal Ocean Model (NCOM). *Ocean Modelling*, 11(3), 376-398.

## **Validation and analysis of three-dimensional ocean model for sea surface temperature Case study – The chilling injury around Taiwan in 2008 and 2016**

Hsin-Shuo Peng<sup>1</sup> Chun-Hao Chang<sup>2</sup> Tai-Chi Chen<sup>3</sup> Ni-En Wu<sup>3</sup>

Naval METOC Office R.O.C. <sup>1</sup>

Air Force Weather Wing Climate Section, R.O.C. <sup>2</sup>

Tactical Control, Air Traffic Control and Meteorology Department, Air Force Institute of  
Technology of Military Study, R.O.C. <sup>3</sup>

### **ABSTRACT**

This study validates the Sea Surface Temperature (SST) reanalyses data from an ocean model around Taiwan (15 °N to 30 °N, 115 °E to 130 °E) for the year 2008 and 2016. The model is the US Naval Research Laboratory (NRL) HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). HYCOM had the most advance data assimilation techniques including satellite altimetry and SST data. The spatial resolutions of HYCOM is 8 km. The observational SST data from the satellite SST from the Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSSST) .

The parameters in statistical analysis include mean error (ME), standard deviation (S), root mean square errors (RMSE) and correlation coefficient (R). The first step was to validate SST data of GHRSSST against CWB buoys. According to Peng(2015), In 2012 the RMSE between CWB buoys and GHRSSST data are less than 2 °C, and the correlation coefficients (R) are higher than 0.88. The GHRSSST data, therefore, are considered meaningful for the study region around Taiwan. The next step is to validate SST data of GHRSSST against HYCOM. Although the result show larger RMSE between GHRSSST and HYCOM in the Taiwan Strait in 2008, HYOCM still had simulated the Coastal China Current (CCC) flowed through the Taiwan Strait. So we considered the data from HYCOM are the useful information.

Further analysis of the satellite SST from GHRSSST suggested that the chilling injury around Taiwan in 2016, the SST did not suddenly drop. The result is different between the case in 2008. The chilling injury around Taiwan in 2016 has nothing to do with CCC.

**Keyword: Ocean models, SST, RMSE, Correlation coefficient.**