

2022年東北季風與尼莎颱風共伴效應之分析

陳智羿、朱宗良、陳建達、黃洧欣、曾禾賢

空軍氣象聯隊第四天氣中心

摘要

2022年10月15日至17日，中度颱風尼莎(NESAT)穿越巴士海峽，其外圍環流與盛行的東北季風產生共伴效應，為臺灣北部和東部帶來大量降雨。根據中央氣象署統計，從10月15日凌晨至17日1400時，臺北陽明山的擎天崗在59小時內累積降雨達1,634毫米，為全臺最高；第2、3、4名皆位於宜蘭縣大同鄉，降雨量達1,112至881毫米。為瞭解共伴效應交互作用的過程，利用NCEP提供的FNL再分析資料，研究10月16日的大氣水氣場、風場輻合、溫度平流以及水氣通量等參數，以進行劇烈降雨成因分析。

研究結果顯示，造成強降雨的現象不僅涉及風場的底層輻合，還包括颱風外圍暖濕空氣受低層冷空氣抬升而傾斜向上，形成一條斜壓區，促使鋒面的形成。因此，北部地區的降雨主要由以下兩種主要舉升機制所造成：第一，低層颱風外圍環流和東北季風的輻合作用；第二，颱風低層外圍環流的暖溼空氣沿冷空氣向上爬昇，形成冷鋒，並在鋒面附近形成顯著的雲系及降雨。

關鍵字：東北季風、共伴效應、尼莎颱風

1. 前言

2022年10月15日至17日中度颱風尼莎(NESAT)通過巴士海峽(圖1)，雖然僅於15日1600時開始發布海上颱風警報，全程沒有發布陸上颱風警報，但其外圍環流與盛行的東北季風，為臺灣北部及東部帶來顯著的降雨(圖2)。根據經濟部水利署與內政部消防署等防災單位的災情統計資料顯示，共獲報268件災害，其中有126件積(淹)水災情、31件土石災情、30件道路隧道災情、27件路樹災情等。災情地區，有基隆市、新北市、臺北市、宜蘭縣、花蓮縣共5縣市，其中臺北市208件最多，花蓮縣25件次之。

根據氣象署統計，自10月15日凌晨開始至17日1400時，臺北陽明山的擎天崗59小時內，累積1,634毫米雨量居全臺之冠，第2、3、4名則都在宜蘭縣大同鄉，累積雨量均可達1,112至881毫米。氣溫部份，因15至17日東

北季風持續影響，北方帶來的冷空氣，使得北部降溫顯著，白天高溫不超過25度，入夜低溫多在20度以下。

根據氣象署分析，此次的強降雨是因為尼莎颱風的外圍環流與秋季東北季風共伴效應所造成的，此類的天氣類型為典型臺灣北部地區好發強降雨的環境場。當秋冬季大陸冷高壓的環流使臺灣盛行風逐漸轉為東北風時，若此時臺灣南方有一低氣壓、熱帶低壓或颱風等接近呂宋島或巴士海峽，其低壓逆時針環流往往和東北風於臺灣東部相遇，東北季風與颱風的冷暖空氣相互混合，產生大量水氣，加上颱風外圍環流不斷提供暖溼空氣，兩種不同屬性的空氣，在迎風面的北部、東北部及東部產生鋒面，造成豪雨。若此時東北季風勢力較強，並伴隨大量水氣時，就會產生顯著的共伴效應，再配合臺灣的地形舉升效應，易於迎風面形成劇烈降雨。

過去蕭(2012)也透過模式模擬改變地形高度、芭瑪颱風(2009)環流強弱等因素進行測試，發現當地形降低時，於東岸低層氣流輻合減弱，同時氣流被舉升形成的對流胞亦減弱。而當環流減弱時，臺灣東側之輻合強度、風速以及水氣混合比皆相對減弱，此時颱風內對流系統以及共伴效應所產生之對流胞強度亦較弱。顯示除了環境場的風場輻合外，地形的舉升機制，同樣對於強降雨有影響。

綜合上述學者的研究結果，本文將利用 2022 年 10 月 16 日的再分析資料，分析「水氣場、風場、降雨」三者之間的關係，用以驗證與過去學者研究之結果。

2. 資料來源與研究方法

2.1 資料來源及時間選取

本研究使用資料來源為 NCEP-FNL Data (National Centers for Environmental Prediction Final Operational Global Analysis data)，是由美國氣象環境預報中心(NCEP)和美國國家大氣研究中心(NCAR)聯合製作的全球最終分析場資料。採用了當今最先進的全球資料同化系統和完善的數據庫，對各種來源(地面、船舶、無線電探空、測空氣球、飛機、衛星等)的觀測資料進行質量控制和同化處理，獲得了一套完整的再分析資料集。FNL 不僅包含的要素多，範圍廣，而且延伸的時段長，是一個綜合的數據集。

而同樣屬於 NCEP 提供，FNL 和 GFS 數據卻有不同的產品。GFS 為全球預報系統(Global Forecast System)，內容包括初始場和預報場，只有初始場為同化過後的分析場，隨後都是預報結果。而 FNL 則是每隔 6 小時一次全球資料同化後的數據庫(解析度為 $1^\circ * 1^\circ$ 或者為 $2.5^\circ * 2.5^\circ$)，可以補齊實際狀態下沒有收集的觀測資料，適合做為歷史個案分析。

本研究使用時間為 2022 年 10 月 15 日 0000 UTC 至 10 月 17 日 1800 UTC，每 6 個

小時一筆資料，總共資料筆數為 12 筆。空間解析度為 $1^\circ * 1^\circ$ ，垂直解析度為 1000 至 10 hPa 共 25 層垂直等壓面，分別為 1000、975、950、925、900、850、800、750、700、650、600、550、450、400、350、300、250、200、150、100、70、50、30、20、10 hPa。參數包括表面壓力、海平面壓力、重力位高度、溫度、海面溫度、土壤溫度、冰層覆蓋、相對濕度、u 和 v 風、垂直運動、渦度和臭氧。

2.2 研究方法

本次研究為瞭解造成尼莎颱風與東北季風發生共伴效應的環境場和東部劇烈降水的原因，首先利用地面天氣圖、高空天氣圖、衛星雲圖、雷達回波、斜溫圖及雨量圖等觀測資料分析 2022 年 10 月 16 日的綜觀環境場，接著利用 NCEP 所提供的 FNL 再分析資料搭配 OpenGrADS 等繪圖軟體，探討共伴效應期間環境水氣、風場輻合、溫度平流及水氣通量等參數，來進行降雨成因分析(表 1)。各參數的計算方式如下：

$$\text{水氣場：} \quad \text{Specific Humidity} = q$$

$$\text{溫度平流：} \quad \text{Temperature Advection} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{dT}{dt} - V \cdot \nabla T$$

$$\text{風場輻合：} \quad \text{Wind Convergence} = -\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right)$$

$$\text{水氣輻合：} \quad \text{Moisture Convergence} = -\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) * q$$

$$\text{水氣通量：} \quad \vec{Q} = q \times \sqrt{(u^2 + v^2)}$$

$$\text{水氣傳輸垂直積分：} \quad IVT = \frac{1}{g} \int_{sfc}^{Top} q \vec{v} dp$$

$$\text{水氣垂直積分：} \quad IWV = \frac{1}{g} \int_{sfc}^{Top} q dp$$

其中 T 為溫度、Q 為水氣通量、q 為比濕、u 為緯向風速、v 為經向風速、g 為重力加速度、sfc

為地面氣壓、Top為大氣層頂氣壓、V水平風向量。

3. 分析結果

3.1 觀測資料

2022年10月16日0800時東亞地面天氣圖分析(圖3)，高壓中心位於內蒙古向東移動，其勢力向南伸展至長江出海口；小型輕度颱風尼莎，中心位置位於北緯19.3度、東經121.3度，距鵝鑾鼻南方約290公里處，以17公里/小時的速度向西轉西南西移動，此時中心氣壓為985 hPa，中心最大風速為25公尺/秒(約為50 KT)。此時臺灣受颱風外圍環流影響，1008 hPa等壓線位於臺灣中部，整體風場為東至東北風，雷達回波及累積雨量均集中在臺北、宜蘭及花東等迎風面地區(圖4)。雖臺東地區累積雨量最大亦達到130毫米/日，但相比北部及花蓮地區的300毫米/日，同樣屬於迎風面地區卻有明顯的強度差異。

透過色調強化衛星雲圖及真實色雲圖分析發現，除了位於巴士海峽的尼莎颱風本體有許多發展較高的對流雲系外，臺灣東部及北部也觀察到許多發展旺盛的中小尺度對流系統，而其類似鋒面的雲系更從琉球群島向西南延伸經臺灣北部至海峽南部(圖5)，與颱風雲系相連，形成一明顯的雲帶。

3.2 再分析場分析

為驗證再分析場資料的真實度，將SFC、850及200 hPa等圖層(以SFC當代表，圖6)與天氣圖相互比較可知，等壓線、氣壓中心數值、風向及颱風位置等參數，均與觀測資料相同。

接著透過再分析資料，分析16日的綜觀環境可發現，在地表的可降水率(是指通過一水平面上的降水通量，圖7)除了颱風的眼牆有較高值之外，另一較高值位於宜蘭及花蓮地區，並向外延伸至東北外海，與雷達回波觀測的結果相似。

而925 hPa的水氣場(圖8)在大陸沿海形

成明顯的分界線，大陸沿海及北緯30度以北受大陸冷高壓影響，水氣量較少，而臺灣北部外海、臺灣海峽及巴士海峽因尼莎颱風及外圍環流影響而存在大量的水氣。而在水氣垂直積分(IWV, Integrated Water Vapor, 圖9)及水氣傳輸垂直積分(IVT, Vertically integrated water vapor transport, 圖10)比較發現，花蓮、宜蘭及臺北外海有「水氣量IWV」的較大值，但「水氣傳輸量IVT」的最大值卻在海峽地區，而850 hPa水氣通量(圖11)亦有相似的配置，顯示臺灣海峽雖然水氣量較東部外海低，但是臺灣海峽強勁的風速，使得水氣傳輸量卻高於東部外海。

925 hPa風場輻合(圖12)及850 hPa水氣輻合(圖13)，均顯示宜蘭花蓮等東部外海有明顯的輻合帶，而此時臺灣200 hPa的空層亦存在著良好的高層輻散場(圖14)，底層輻合搭配高層輻散，與地表的可降水率(圖7)較大值的位置一致。顯示宜蘭及花蓮地區的強降雨，主要來自於底層的強烈輻合及高層存在著良好的輻散機制。

另外，在500 hPa渦度場(圖15)分析發現，渦度值較高的區域主要位於颱風主體的上空，而臺灣此時無明顯正渦度區域，因此臺灣東部的強降雨與渦度的變化關係較小。另外，在溫度平流中分析發現，在1000hPa(圖16)臺灣海峽至海峽北部有明顯的冷平流，而925hPa(圖17)則是臺灣北部至北部外海，有明顯的暖平流，而冷暖平流變化的位置，均與臺灣東北部地區強降水的位置相同，故顯示出低層颱風外圍暖溼空氣受低層冷空氣之舉升作用後，暖溼空氣沿著冷空氣傾斜上升，形成一斜壓區，同時伴隨有暖平流和顯著非絕熱效應，在共伴颱風降雨過程中，似扮演重要角色。

4. 結論

透過以上的分析發現，尼莎颱風與東北季風交互作用的過程中，臺灣海峽與臺灣北

部外海附近的低層(925 hPa)有顯著的東北季風與颱風外圍環流的風場輻合；而 850 hPa 以上，主要受颱風外圍環流所籠罩，臺灣周圍均有顯著的暖濕水氣；但在水氣量及水氣傳輸量的分析比較後發現，水氣的多寡對於降水的位置並沒有較高的相關性。反而是宜蘭及花蓮地區的強降雨，與風場輻合及輻散場之位置較為相符(圖 18)。

除了在東北部及東部有風場輻合及輻散相互搭配所造成的強降雨外，在臺灣北部更有顯著的溫度平流所造成的鋒面雲系，顯示冷空氣的密度較大，颱風外圍暖溼空氣的密度較小，所以冷暖空氣相遇時，冷空氣就會下沉到暖空氣的下方，颱風外圍的暖溼空氣被迫快速抬升，形成一斜壓區，且水氣在上升過程中，冷卻釋放潛熱，加熱整體大氣，使空氣中可容納的水氣量增加，進而形成劇烈降雨。因此，北部地區的降雨主要由以下兩種主要的舉升機制所造成：第一，低層颱風外圍環流和東北季風的輻合作用；第二，颱風低層外圍環流的暖溼空氣沿冷空氣向上爬升，形成冷暖空氣交會的鋒面，並在鋒面附近形成顯著的雲系及降雨，與過去專家學者李(2003)所分析出來的結論相似。

東北季風和颱風的共伴效應在氣象學和氣候學方面具有重要意義。東北季風和颱風的相互作用和影響會對颱風的強度、移動速度、降水量和影響範圍等方面產生不同程度的影響。東北季風可以使颱風減弱或消散，也可以使颱風產生強烈的降水和洪水等災害，對軍隊行動造成複雜的氣象條件和不利的影響。因此，研究東北季風和颱風的共伴效應，有助於深入理解這兩種現象的本質和特點，對預報和防災工作也具有重要的參考價值，提供更加準確和可靠的氣象預報和決策支持，保障軍隊行動的安全和順利。

5. 參考文獻

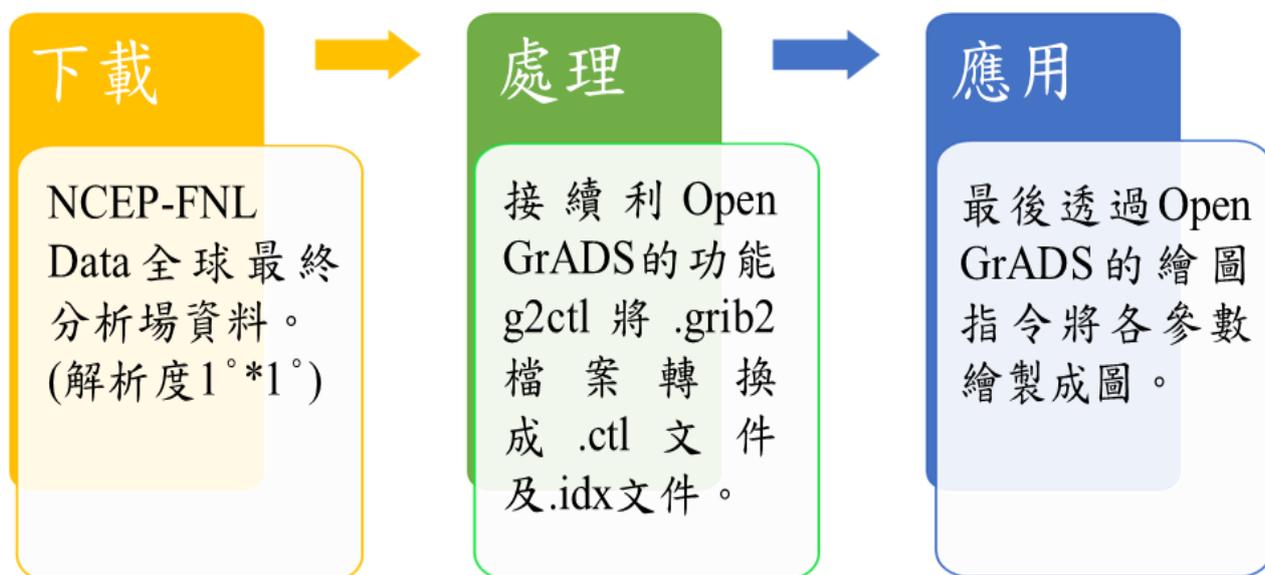
蕭羽利，2012，芭瑪颱風(2009)與東北季風共

伴效應之數值模擬分析，國立臺灣師範大學碩士論文，24。

李清勝，2003，子計畫：颱風與東北季風共伴環流導致豪雨之分析、模擬與預報技術發展(II)，行政院國家科學委員會專題研究計畫。

6. 表附錄

表 1 再分析資料處理流程表



7. 圖附錄

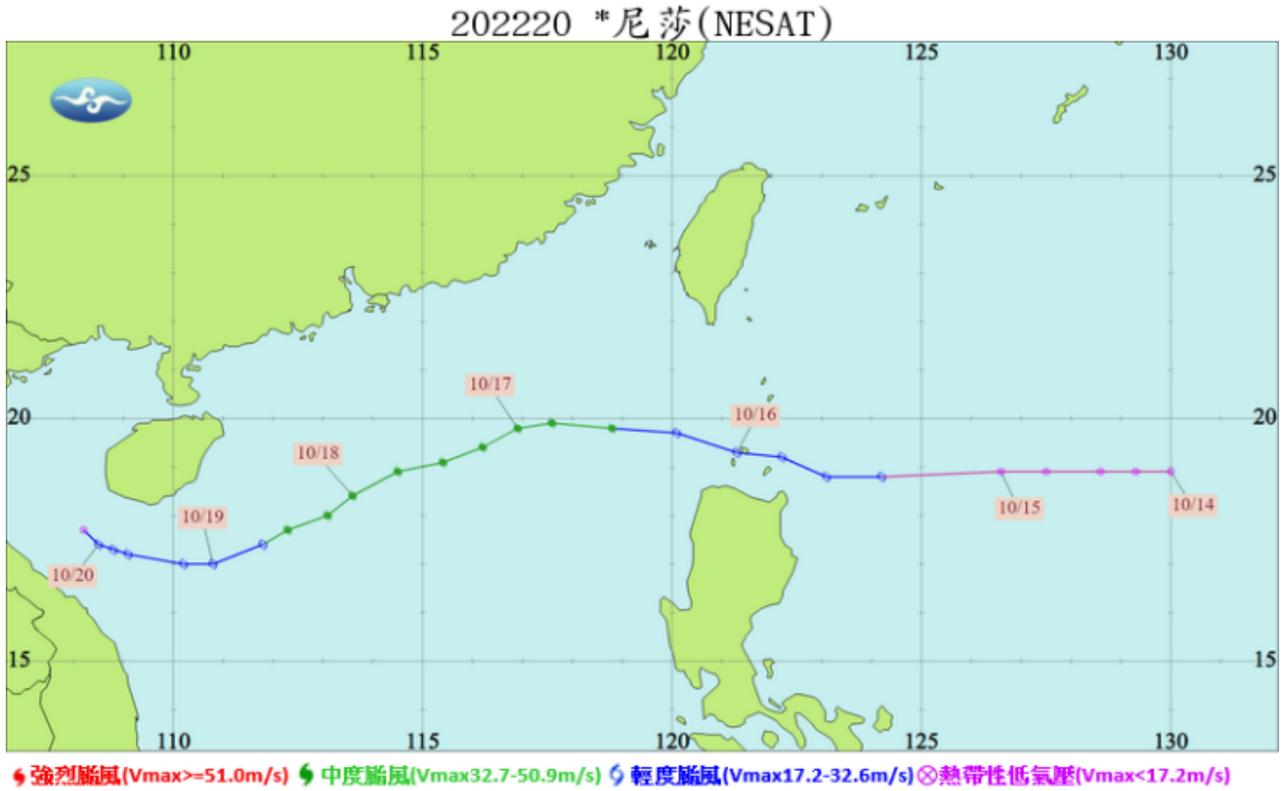


圖 1 2022 月第 20 號颱風尼莎(NESAT)生命期間路徑圖，每 6 小時一筆之路徑與強度資料，圖檔資料顯示時間為 UTC。(摘自 CWA)

2022 10/15 16:00 到 10/16 20:30 NESAT 颱風發警報期間各測站總雨量分布圖

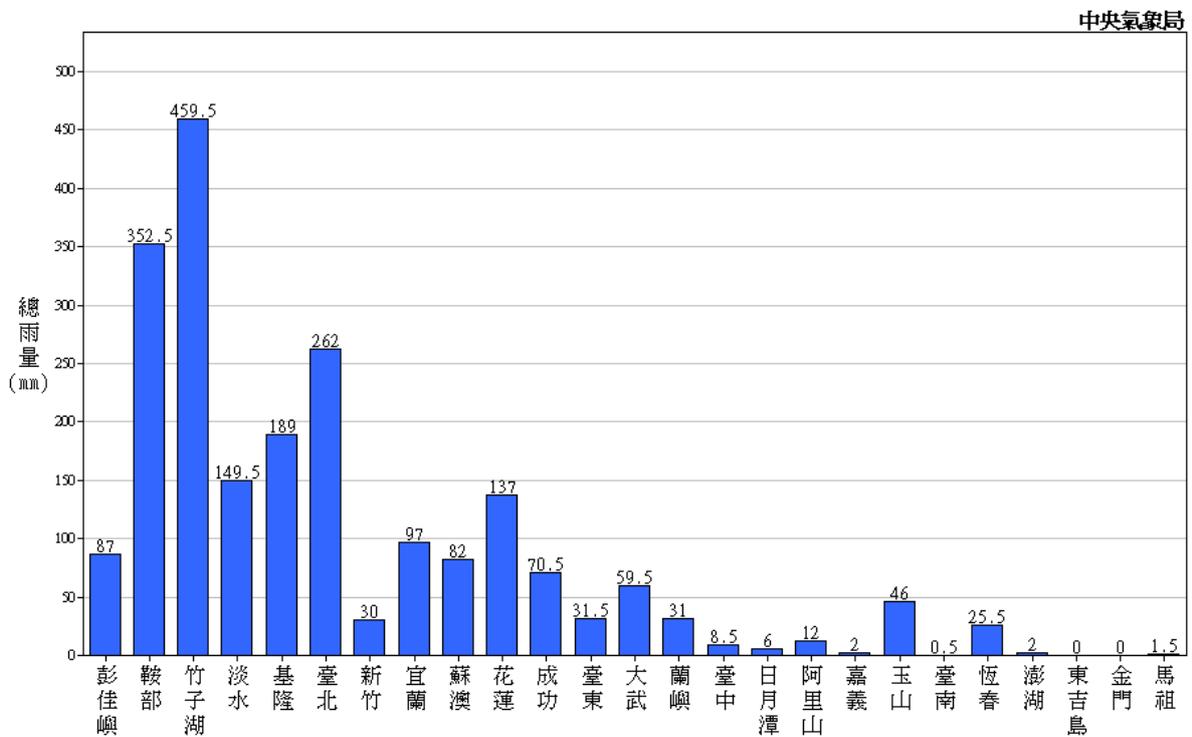


圖 2 尼莎颱風警報期間各測站總雨量分布圖，資料時間為 2022 月 10 月 15 日 1600 時至 16 日 2030 時。(摘自 CWA)

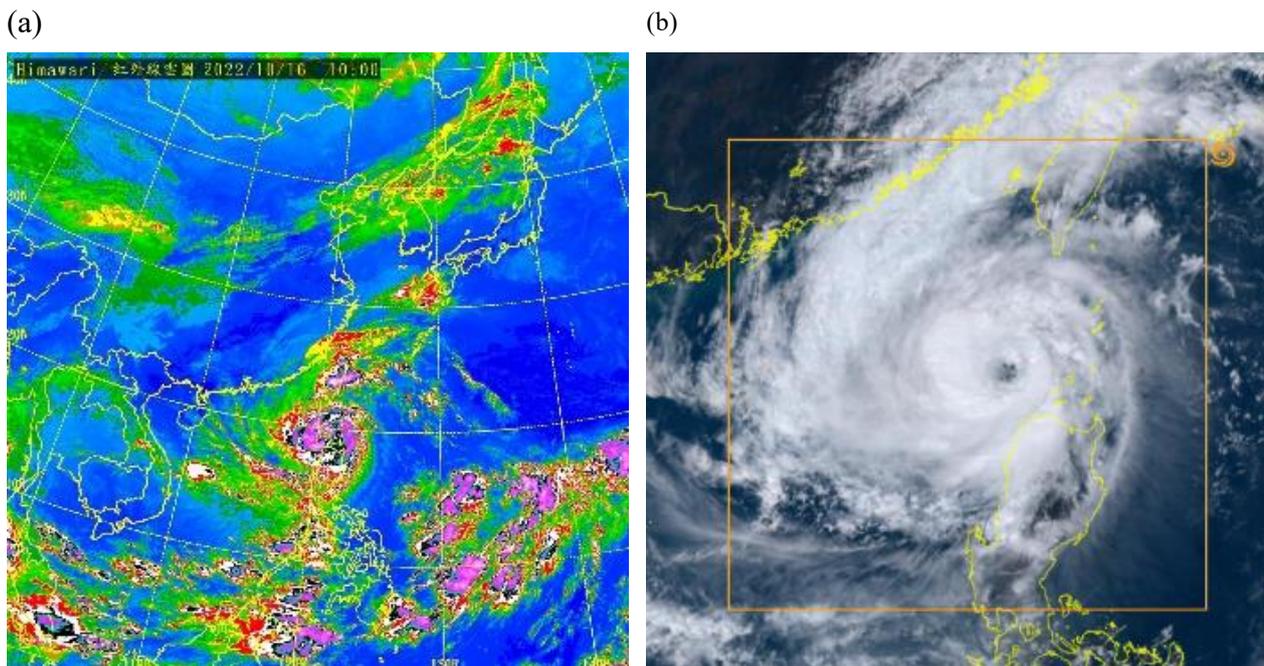


圖 5 10 月 16 日遙測資料，其中(a)為色調強化衛星雲圖；(d)為真實色衛星雲圖，時間為 1000 時。(摘自 CWA)

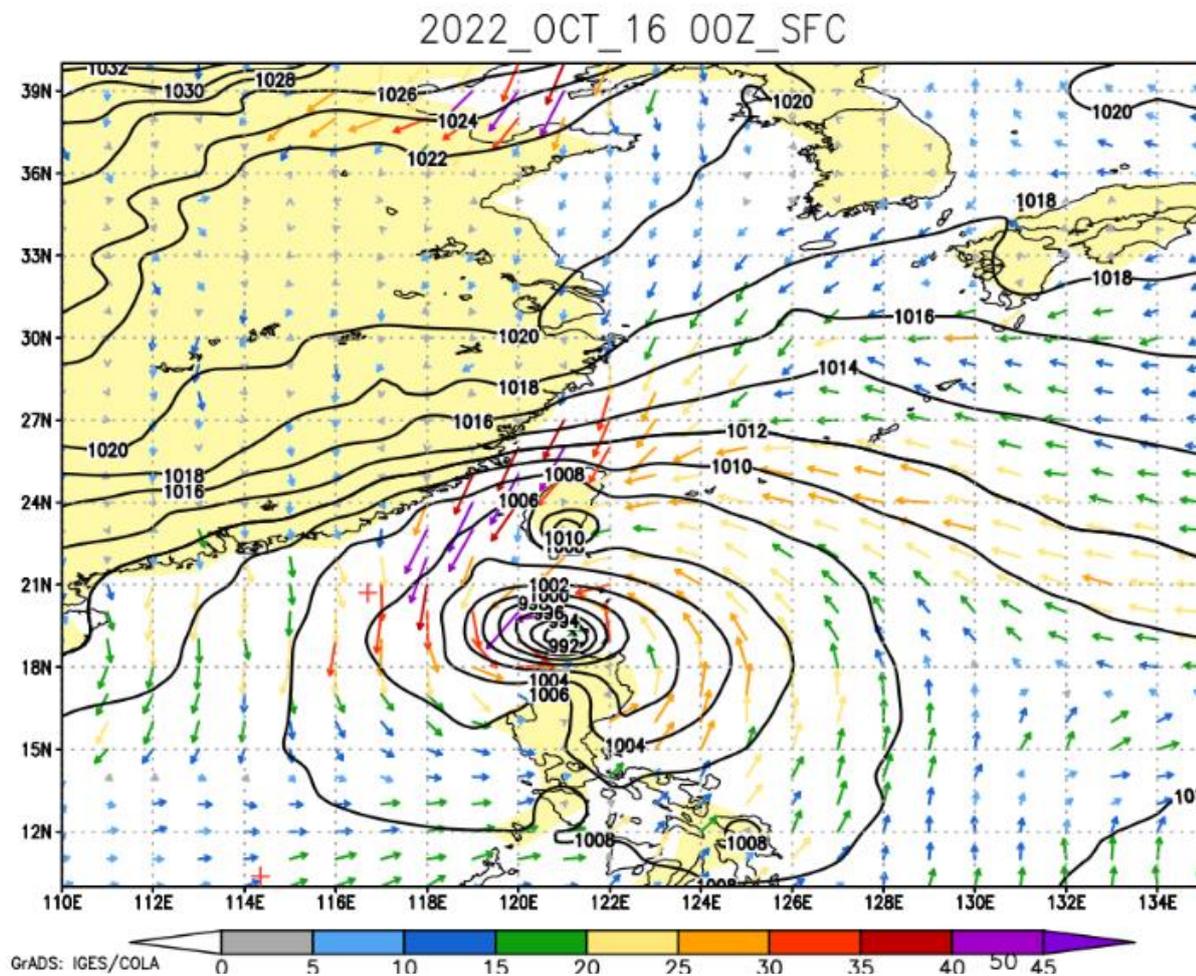


圖 6 再分析場地面天氣圖，時間同圖 3。

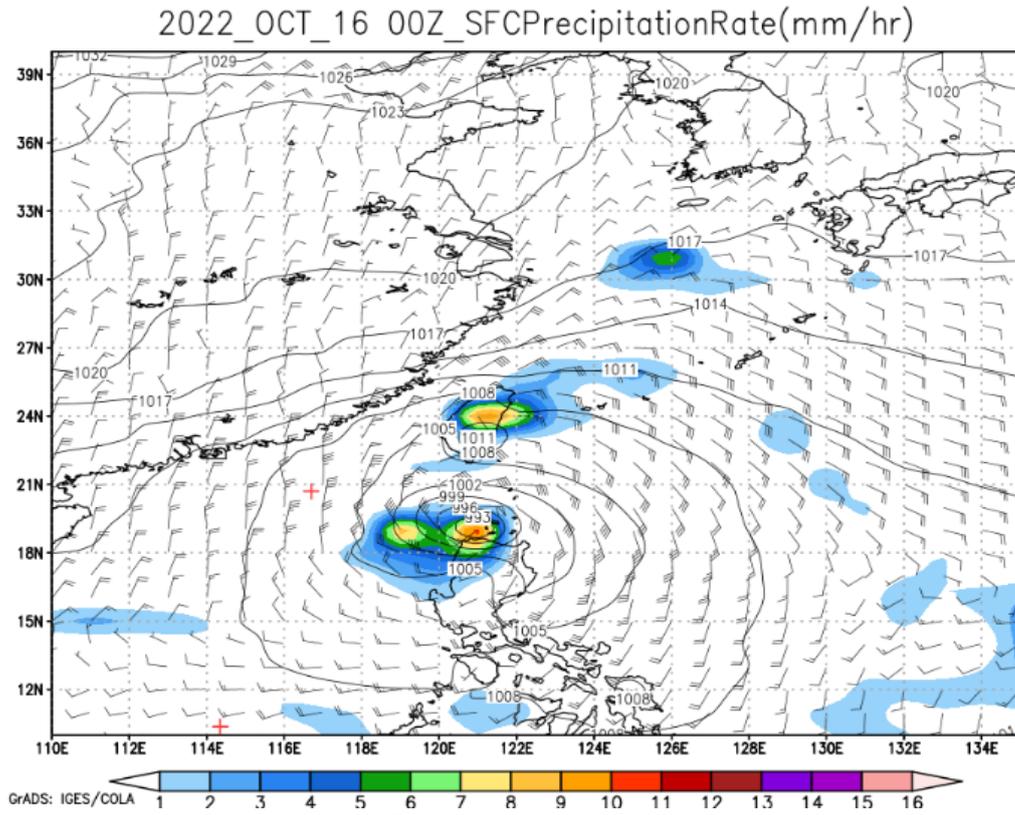


圖7 地表可降水率，時間同圖3。

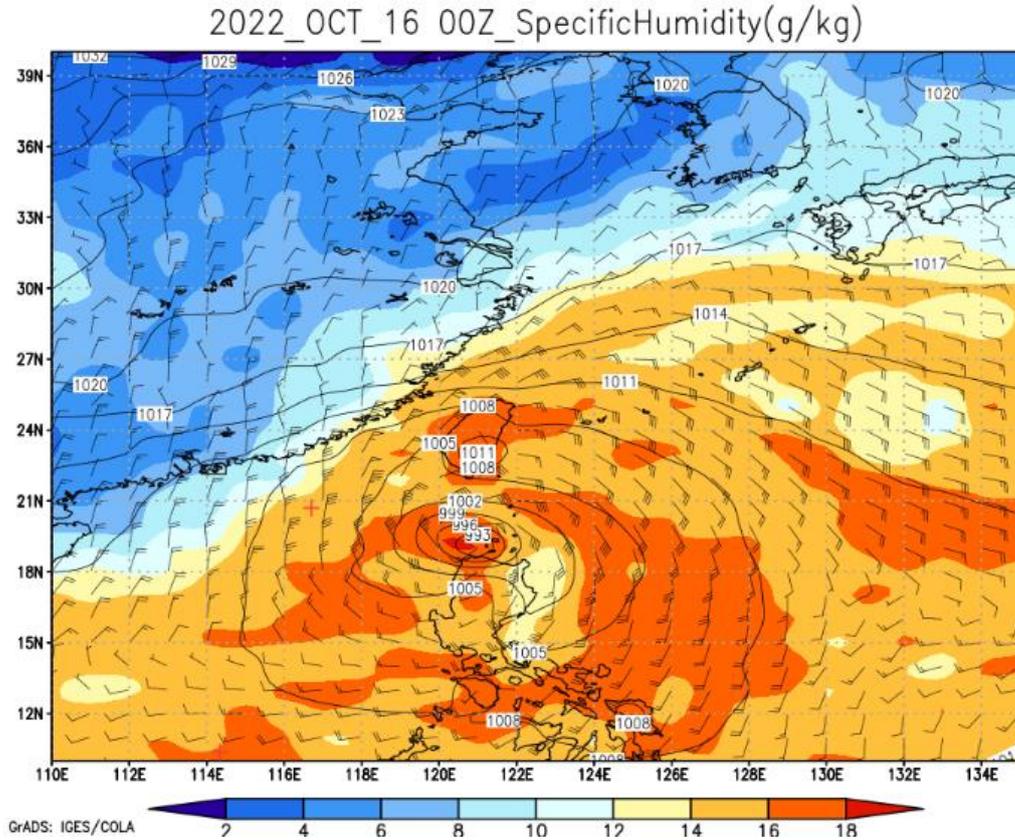


圖8 925 hPa水氣場，時間同圖3。

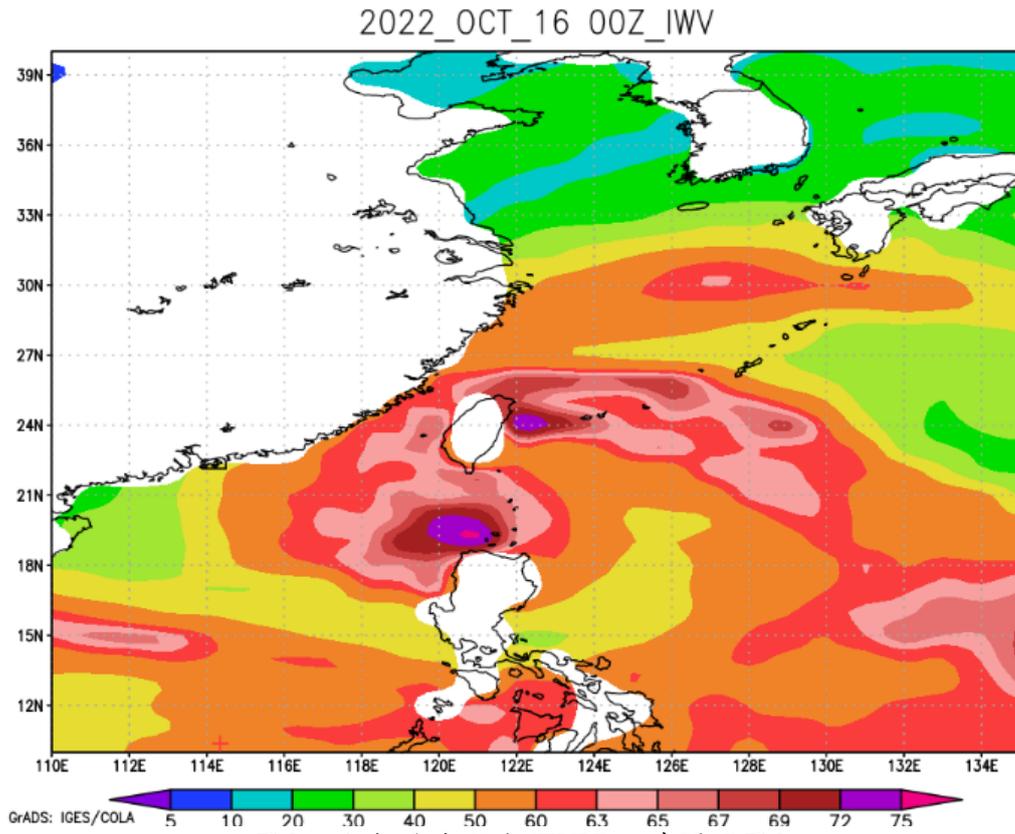


圖9 水氣垂直積分(IWV)，時間同圖3。

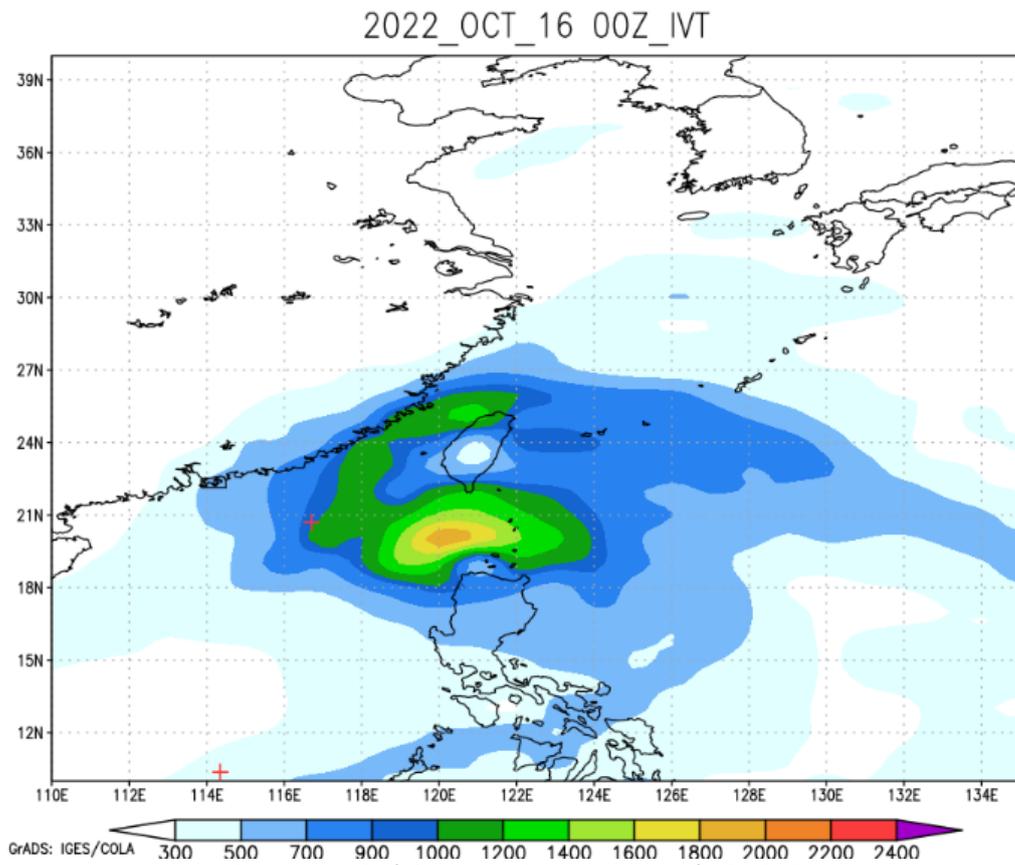


圖10 水氣傳輸垂直積分(IVT)，時間同圖3。

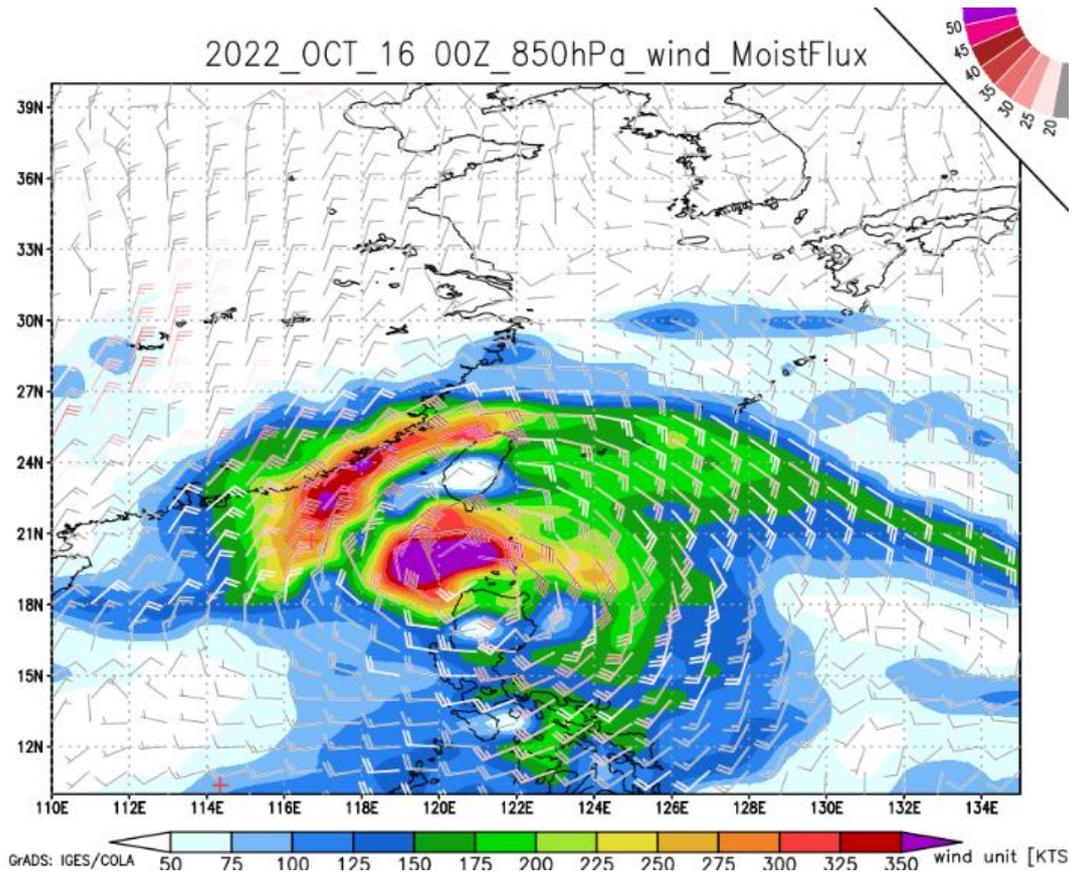


圖11 850 hPa水氣通量，時間同圖3。

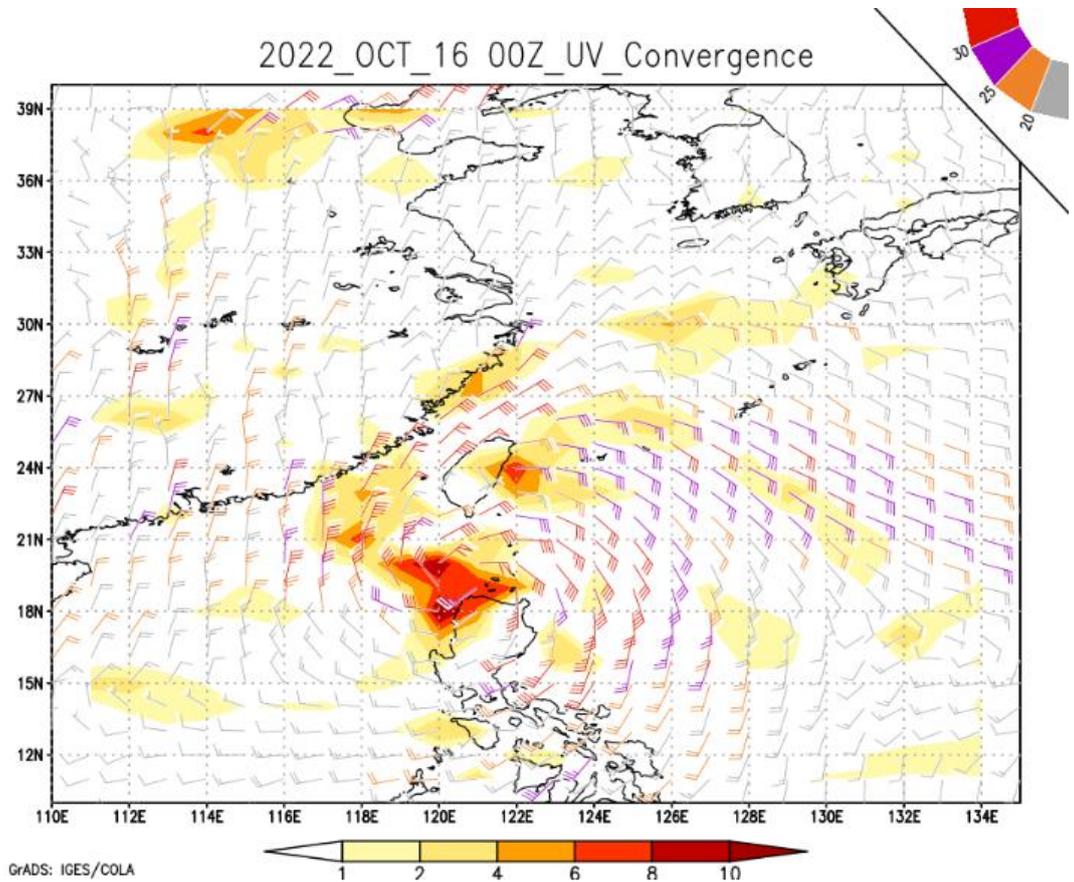


圖12 925 hPa風場輻合場，時間同圖3。

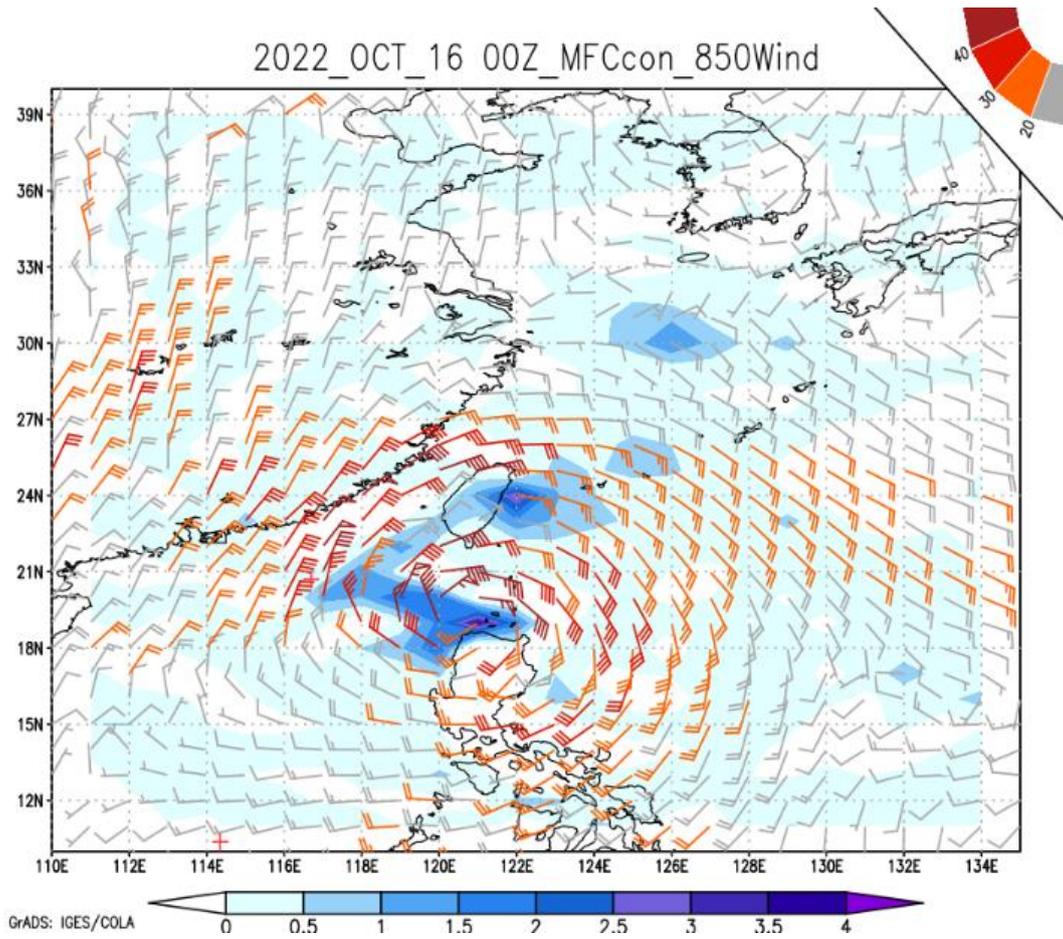


圖 13 850 hPa 水氣輻合場，時間同圖 3。

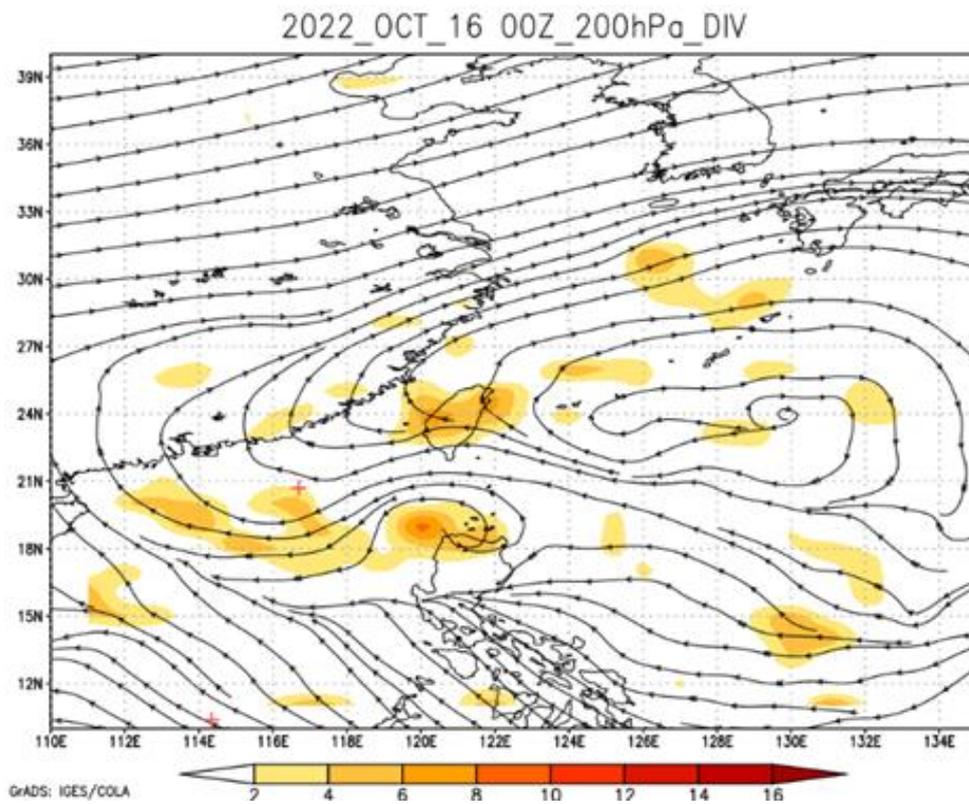


圖 14 200 hPa 輻散場，時間同圖 3。

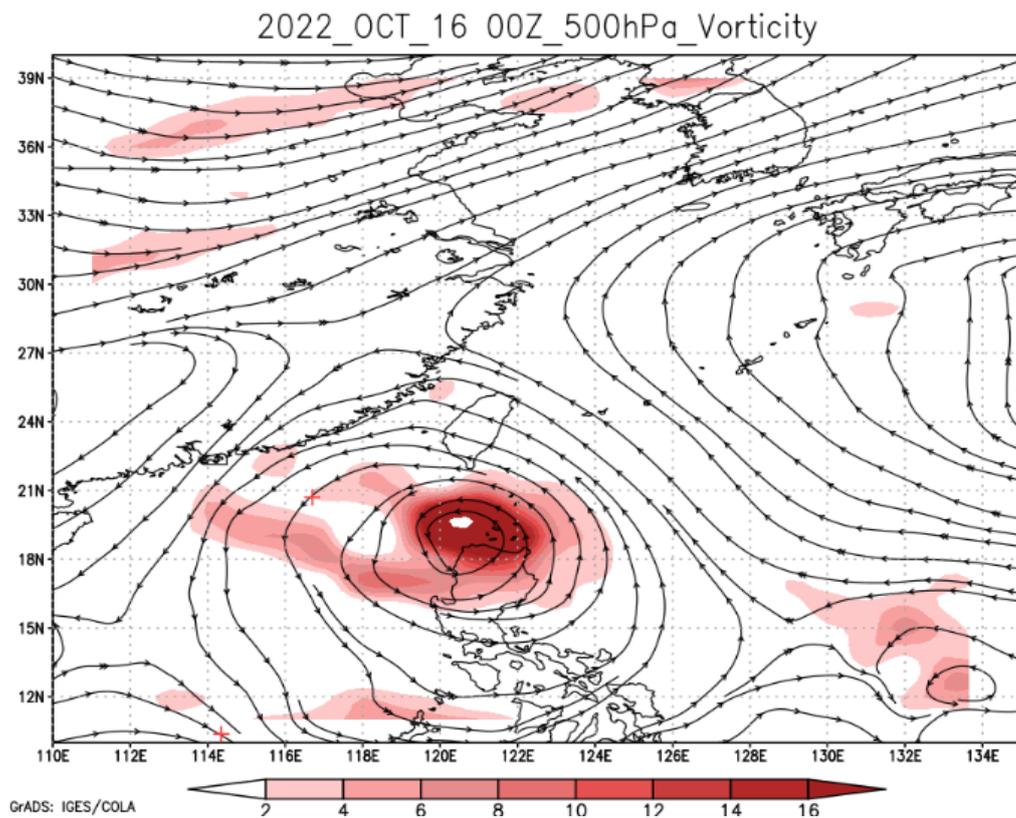


圖 15 500 hPa 渦度場，時間同圖 3。

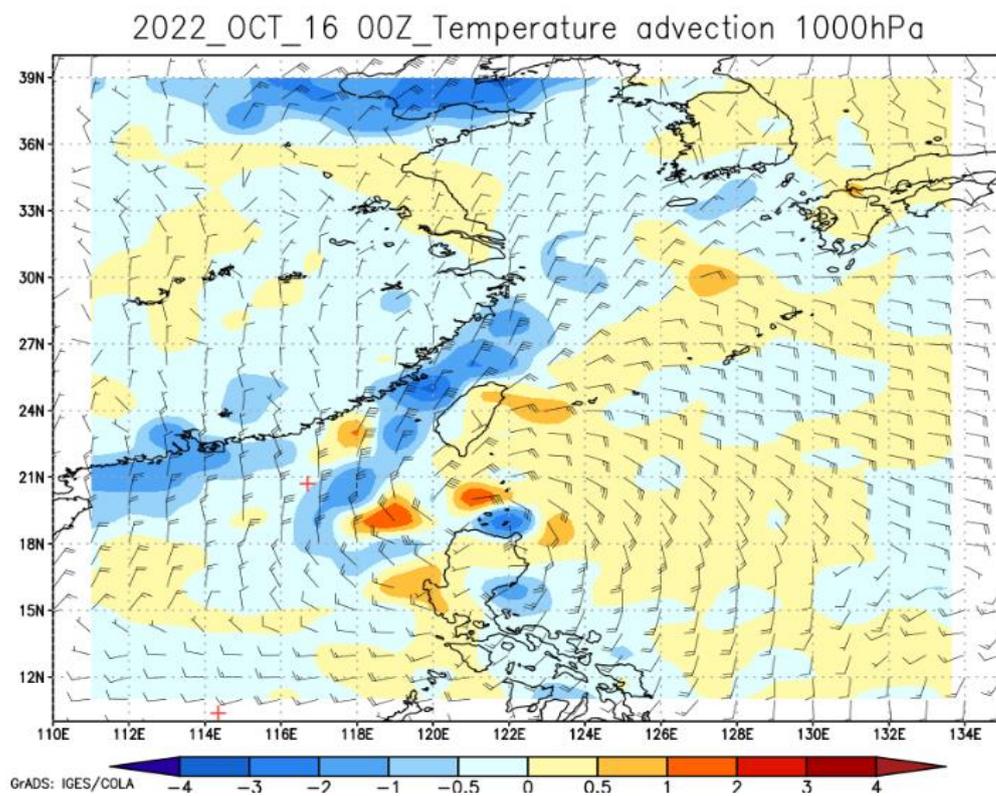


圖 16 1000 hPa 溫度平流場，時間同圖 3。

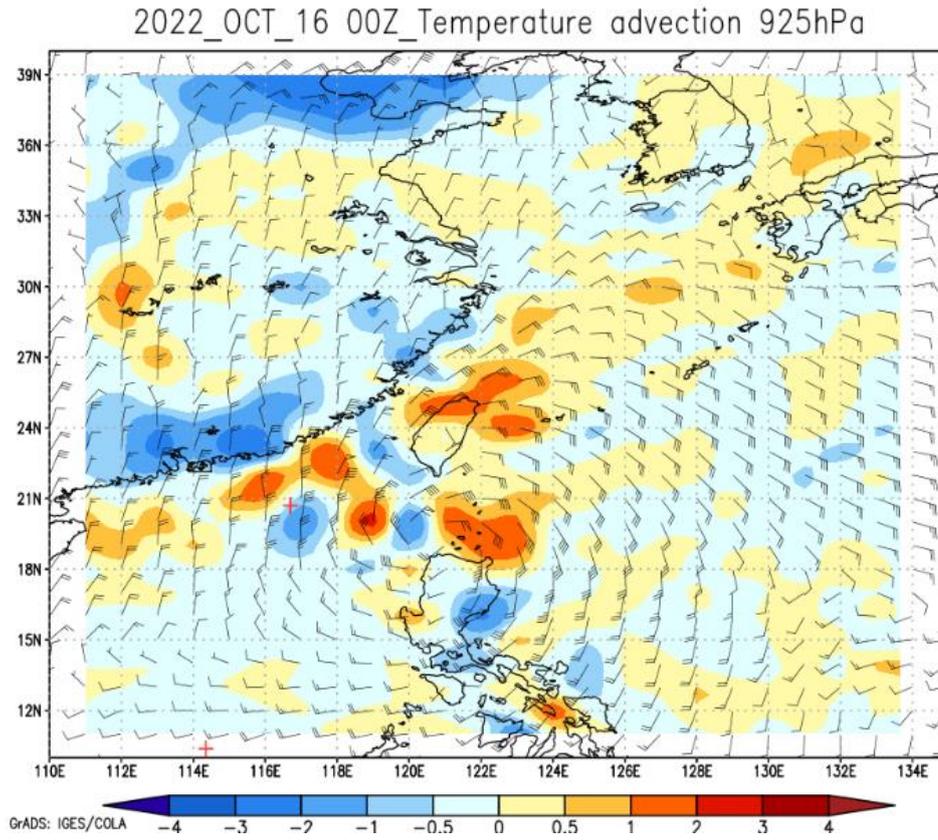


圖 17 925 hPa 溫度平流場，時間同圖 3。

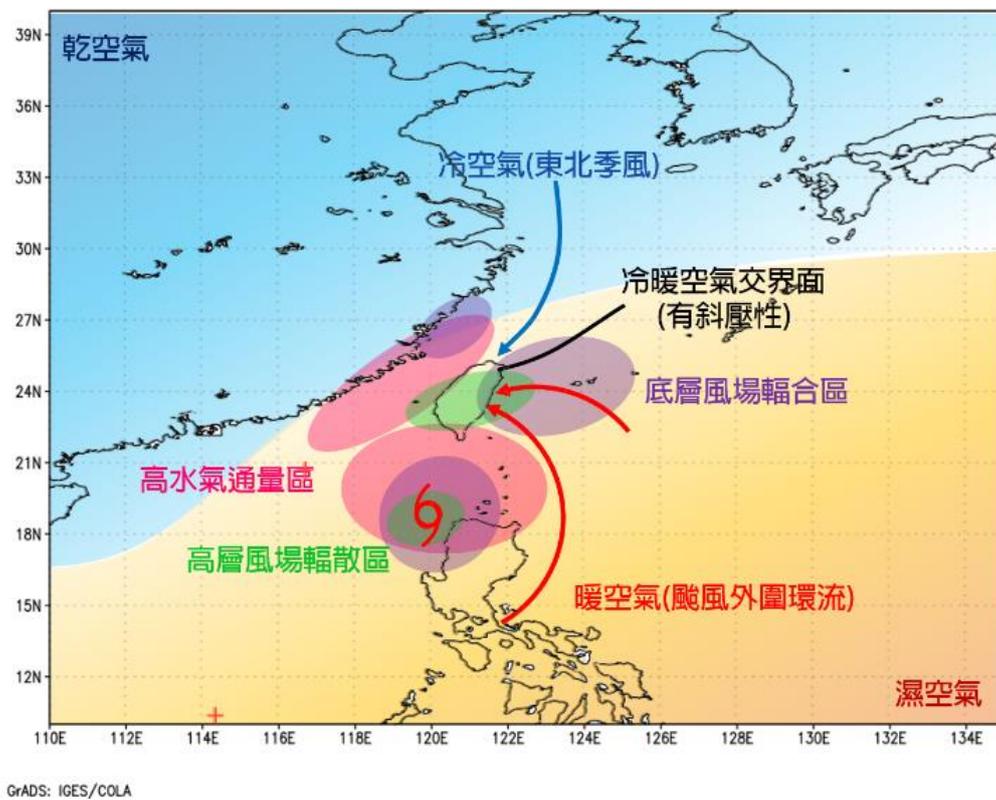


圖 18 尼莎颱風與東北季風交互作用示意圖。

Analyzing the accompanied effect of the Northeast Monsoon and Typhoon Nesat in 2022

Chih-Yi Chen, Tsung-Liang Chu, Chien-Ta Chen, Yu-Hsin Huang, He-Hsien Tseng

The 4th Weather Squadron of Weather Wing, R.O.C.A.F

Abstract

Typhoon Nesat passed through the Bashi Strait from October 15th to 17th in 2022. Its outer circulation and the prevailing northeast monsoon brought significant rainfall to the northern Taiwan. According to statistics from CWA, since the early morning of October 15th to 2:00PM on the 17th, Qingtiangang had a total precipitation of 1,634 mm in 59 hours, and it made the highest recorded precipitation over a 3 day period of Taiwan. The second to fourth highest rainfall places are all in Datong Township, Yilan County, from 1,112 to 881 mm. In order to understand the companionship effect, we first used observation data to analyze the atmospheric environment on October 16th. Then, use the FNL reanalysis data provided by NCEP to study parameters such as water vapor, wind field convergence, temperature advection, and vapor fluxes during the companionship effect to analyze the causes of the heavy rainfall.

The results of the research showed that heavy rainfall not only involved the convergence of wind fields, but also involves the warm humid air of typhoon being lifted upward by low-level cold air and forming a baroclinic zone, which promoted the formation of the front. Therefore, the rainfall in northern of Taiwan was mainly caused by two main lifting mechanisms. First is the convergence effect between the outer circulation of Typhoon Nesat and the northeast monsoon. Second, the low-level warm humid air of the outer circulation climbed upward along with the cold air to form a front. The significant cloud systems near the front would cause heavy rainfall.

Keywords: Northeast monsoon, Accompanied effect, Typhoon Nesat