

# Study on the Typhoon Genesis and the Related Air-sea Interaction Conditions over the Northwestern Pacific Ocean in 2016

徐天佑 何台華

龍華科技大學 通識教育中心

劉廣英

中國文化大學 大氣科學系

Tian-Yow Shyu, Tai-Hwa Hor

General Education Center, Lунghwa University of Science and Technology

K. Y. Liu

Dept. of Atmospheric Sciences, Chinese Culture University

## 摘要

熱帶地區天氣與中緯度天氣系統有明顯不同，熱帶地區的潛熱釋放是主要的能量來源，而非中緯度地區的農為主。從衛星雲圖顯示在赤道附近有顯著的雲帶盤據赤道上空，Holton證實此雲帶是由對流雲系與大尺度交互作用而產生。而熱帶El Niño現象則有多人研究(Wyrski 1979, Rasmussen 1982, Trenberth 1984)。另外有關中太平洋海溫現象Yu Kao and Lee首先以Modoki現象提出，Ashok et探討La Niña與颱風的關係。

2015年是聖嬰年，ONI ( Ocean Nino Index) 指數曾高達2.6，但至2016年禿然轉為反聖嬰年，ONI指數達 -0.7。尤其2016年颱風生成個數有26個之多，相關的海氣交互作用是值得研究探討，其中大氣與海洋的自我調節現象是探討重點。

關鍵字：颱風生成，海契交互作用，西北太平洋

## Abstract

In tropical ocean area, the weather system is different with those in mid-latitudes. And there is no storage in the form of available potential energy in tropical area. Latent heat release appears an important role in tropical system. From satellite maps, a wide cloud zone occurred about equator very often. Holton (2004) showed there must be some interaction between convective scale and large scale. Also, there are lots of studies about tropical El Niño Phenomenon. In addition, Yu Kao and Lee first raised the possibility that the inter annual sea surface temperature (SST) variability in the central and eastern Pacific may involve different physical processes. But Ashok et al mentioned the central Pacific SST as Modoki effect. And the affection of typhoon by El Niño and La Niña has been also researched.

Obviously, Year 2015 appeared an intense El Niño with the maximum ONI ( Ocean Nino Index) of 2.6, and due to some unknown reasons, it suddenly turned into a weak La Niña with the minimum ONI of -0.7 in three months. The extreme change in ocean temperature and the related weather variations over the open ocean might play key factors for this unique case. This study will focus on the typhoon genesis in 2016 based upon the large scale weather phenomena and the related conditions of air-sea interaction. Furthermore, the self-adjustment of atmosphere and ocean will be explained.

**Key word: Typhoon Genesis, Air-sea Interaction, Northwestern Pacific Ocean**

## 1. Introduction

在廣大洋面上由於水氣交互作用，對天氣與氣候系統產生甚大影響，兩相比較下海洋整體系統的變化較慢，大氣整體系統變化較快，主要由於海洋自體內在記憶及變化較大氣自體變化為慢。大氣風場驅動洋流，而演變較速的大氣系統能否不斷地將能量轉換儲存於海洋中，同時緩變的海洋系統變化又如何回饋大氣系統，且兩者的交互作用是研究者有興趣的工作。

聖嬰與反聖嬰現象是大氣與海洋交互作用而引起，聖嬰與反聖嬰現象也有強弱變化，根據NOAA National Weather Service所訂出的Oceanic Niño Index (ONI)，發現其中的1972,1982,1997,2015四年為超強EL NINO年，其ONI值都超過+2.0，這四年海溫特別熱，

但分別接著這四年後的1973,1983,1998,2016則為反聖嬰年，是一種較為極端現象的變化，檢視1973,1983,1998,2016這四年的颱風生成日，其中1973,1983兩年颱風分別在1973年6月21日以及1983年6月30日開始有颱風生成，而1998,2016這兩年7月以後才有颱風生成，這四年颱風生成日都有偏晚的現象，幾乎都偏下半年。其餘各次的聖嬰年，因ONI未達+2.0，且聖嬰年後也未必是反聖嬰年，同時颱風生成的時間在全年不定月分都有。雖然2015年為強聖嬰年，但至2016年不僅是反聖嬰年，颱風生成時間甚晚，但數量卻接近年平均數，其餘3次超強聖嬰年後的反聖嬰年雖然生成時間也較晚，但颱風數量卻低於年平均值，因此2016年的海氣環境條件是本研究的探討重

點。從2015年的聖嬰年，至2016年突然轉為反聖嬰年，聖嬰年到反聖嬰的海溫是冷熱兩極變化，相對洋面的天氣系統也有甚大差異，尤其在西北太平洋(NWP)，2015年聖嬰年從1月份至12月份每個月都有颱風生成。2016年轉為反聖嬰年後，颱風從7月份才開始生成，但2016年颱風生成的個數仍有26個，不少於歷年颱風平均數量26.5，2016年的颱風是在何種海氣環境下，致使生成的時間較晚，但總數量並未減少，是本研究的目的，因此本文的重點著重海氣的交互作用，以及海洋及大氣的自我反應及變化。

## 2. Literature Review

大氣中有甚多天氣系統，熱帶天氣系統與中緯度天氣系統有甚大差異，熱帶天氣系統主要由潛熱釋放扮演主要角色，未若中緯度已可用未能為主，Holton (2004)證實赤道上空的雲帶是由對流雲系與大尺度交互作用而產生。Williams (1971)用衛星雲圖證實雲簇與熱帶擾動的關係。Riehl, Malkus (1958)則認為ITCZ至少需1500-5000個單獨熱塔才能形成。Zipsers (2003)回顧有關熱塔在熱帶地區的文獻。Montgomery and Davis (2004)探討熱塔與颱風形成的相關機制。Wei et al (2012)利用雷達資料研究環境風場與颱風的交互作用。而熱帶地區的El Niño效應也有多人研究(Wyrki 1979, Rasmussen 1982, Trenberth 1984)。Yu Kao and Lee (2007)首先提出熱帶中太平洋與東太平洋暖海溫的研究。Ashok et al (2007)則認為中太平洋暖海文是一種Modoki效應。Wang and Chan (2002)、Chia and Ropelewski (2002)皆提出在聖嬰事件(反聖嬰事件)時，西北太平洋的颱風生成位置較平均位置偏向東南方(西北方)，Wu et al. (2004)則更進一步指出在反聖嬰事件發生時，在中國東南沿岸登陸的颱風較多。而Jin (2015) et開始探討El Niño與強烈颱風的關係。Huang et al (2017)比較不同ENSO情況下的颱風。皆指出大氣環境對中尺度天氣系統有甚大影響，本研究針對2016年反聖嬰現象與颱風的關聯。

## 3. 天氣現象

西北太平洋是颱風生成的緣地之一，由1958年至2017年共60年，每年的颱風生成數量時多時少，平均為26.5個。2015年是聖嬰年，颱風生成的總數量有27個，從1月至12月每個月都有颱風生成。2016年轉為反聖嬰年，颱風延遲至7月才開始生成，但總數量仍有26個。雖然2016年颱風生成時間甚遲，7月份始有颱風生成，但總數量不少於每年颱風平均數，其中2016年反聖嬰年7月有4個颱風生成與每年月平均數(4.1)相當，8月有7個颱風生成，9月也有7個颱風生成，比每年8月(5.2個)及9月(4.7個)的颱風平均數量均多，因此2016聖嬰年的颱風生成環境是值得研究探討的。

## 4. 海契交互作用

圖1為2016年5至10月海溫變化，5月份仍然是暖海海溫的聖嬰現象。到6月份轉LA Niña冷海溫現象，其中最高海溫處即海溫大於30°C的範圍隨著月份變化向

北移動，向西退縮後，在向西北移動，在9月份後向南移動，雖然2016年06月份後進入LA Niña年，但7月份在太平洋西北部，菲律賓以東印尼以北外海一帶是海溫較高處，海溫超過30°C。從Ocean Niña Index (ONI)顯示2015年ONI值大於2.5。且2015每月都有颱風生成。2016的ONI值小於-0.5接近-1.0。變成反聖嬰現象，以致2016年至7月份以後才有颱風生成。2016年7至9月海溫距平如圖2所示。在NINO3.4區域是海溫負距平，但在亞洲東海岸海溫卻仍然是正距平，相對2016年7至9月颱風生成地點也在此海域生成，如圖3所示。颱風的生成，大氣的是否穩定是主要因素之一，但颱風所夾帶的豐沛水氣，卻與海洋有密切的關聯，2016反聖嬰年颱風集中後半生成，7月以後西北太平洋連續不斷有颱風生成，甚至8月份同一時間存在3個颱風，因此長時間大範圍的大氣與海洋的狀態是值得探討的，尤其是大氣與海洋的平均狀態與距平差異代表環境在此一段時間所扮演的腳色。

## 5. 討論

因此低層天氣型態的發展應該依相關重要因素，圖4是2016年5月至10月1000HPA月平均天氣圖，代表底層大氣發產變化情形。圖4顯示2016年5至10月1000HPA的大氣低層季風槽，5月份偏向低緯度，季風低壓主軸在赤道附近，6月份稍稍向北移動，7月份繼續北移，有4個颱風生成，8月份季風低壓增強，颱風個數明顯增加，8月份颱風生成個數曾為7個，9月份季風的中心稍稍南移，颱風生成個數仍維持7個，10月份季風低壓中心增強移往赤道地區，因此颱風生成個數降為4個。因此低層大氣的變化相對颱風生成有絕對關係。2016年1月是El Niño最強的時期，1月份的月平均風場顯示南半球近赤道140W以西，皆為西風，西風最大風速中心在東經180E右側，2月份後西風範圍西退，最大風速中心西退至160E，3月份赤道西風強度逐漸減弱，近赤道東風由南美洲海岸逐往西逐漸增強，4月份(西風強度明顯減弱，東風風速增大，5月份近赤道西風明顯減弱，赤道東風向西伸展。赤道地區海溫變化顯示1至3月30°C暖海溫等溫區涵蓋範圍幾乎不變，4月份海溫28°C等溫線由南向北伸展至菲律賓海域，5月份中國南海及菲律賓海域南風分量增強，30°C海溫等溫線也向北伸展至中國南海及菲律賓海域，相對季風槽(monsoon trough)明顯增強向東伸展。而由於南美洲西海岸南風增強，西風帶變窄風速增強，有利南美洲西岸深層冷海水的 upwelling，致使冷舌隨東風向西伸展，因而由El Niño 現象轉為La Niña現象。2016年6至9月緯流雨經流如圖5所示。6月份南美洲西海岸南風增強，東風帶範圍擴大，28°C等溫線冷舌西伸至西經160W附近，赤道30°C暖海溫等溫西退範圍減小，南中國海的南風分量增強，在呂宋島海域30°C暖海溫範圍向北移至巴士海峽，此區域的1000-500mb空氣柱有最大差距，主要受暖空氣影響，空氣密度因而減小氣柱伸長，由 hydrostatics equation 顯示當密度變化，大氣必須 adjust，因此氣壓降低，或氣柱伸長，或兩

者皆有，6月份平均氣壓降低季風槽勢力增強，致使位於季風槽南緣的西風帶東伸至100E以東，相對 La Niña event 的冷舌停留在換日線以東。7月份南美西海岸南風增強，赤道東風範圍加大，La Niña冷舌再向西伸，西北太平洋大陸沿海地區南風分量北移，南中國海及菲律賓附近30°C海溫受大陸受亞洲大陸及菲律賓島嶼影響向東向北移範圍減小，季風槽勢力略向東移，相對此區域的1000-500mb空氣柱有最大值。8月份西太平洋海水30°C等溫線範圍稍微變窄縮減向北伸展，到達日本南方海面，季風低壓槽向東加強，1000-500mb空氣柱高度最大值向北移動到達日本南方，而南美洲西海岸南風速加強，冷舌雖未向西繼續延伸，但溫度降低。8月風赤道東風與7月赤道東帶大致相同，季風槽南緣的西風帶北退範圍增大，因季風槽強度增強因而西風強度增強，但亞洲大陸沿岸出現北風，相對此時的南風分量退至中國南海，日本東方海面出現東風，8月份東西風在北半球160E，而南北風在北緯15-20度會合，有利底層convergence，8月250mb顯示相對季風低壓槽上空為南亞高壓勢力，再由 velocity potential的低層顯示(座標 $\sigma=0.8458$ 高度)西太平洋地區為convergence，在高層(座標 $\sigma=0.2101$ 高度)為divergence(如圖6所示)，以致環境場對擾動形成有利，雖然2016年8月已經進入La Niña 時期，但西太平洋仍處於暖海溫現象，再由825-250mb 垂直風切顯示風切 (wind shear) 不大，因而颱風生成數量超出平均數，有7 個之多。

## 6. 結論

a. LA NINA的現象與環境在西太平洋地區(20~20度N, 100~140度E)提供颱風的形成條件。

b. 颱風發生頻率增加，且比正常的發生位置有偏西偏北的趨勢。

c. 西太平洋(WP)在EL NINO時的海水SST最高的暖區都因地形阻擋造成北偏現象，隆起明顯，特別是WP地區，西風與南風強盛，還溫持續，有利颱風發展。

d. 因為颱風發生位置偏西偏北，讓預報的時間縮短，增加預報作業與防災應變的壓力。

## References

Ashok, K., S. Behera, S. A. Rao, H. Weng, and T. Yamagata, 2007: El Niño Modoki and its possible teleconnection. *J. Geophys. Res.*, 112, C11007, doi:10.1029/2006JC003798.

Chia, H.-H., and C. F. Ropelewski, 2002: The interannual variability in the genesis location of tropical cyclones in the northwest Pacific. *J. Climate*, 15, 2934–2944.

Huang, h. C., J. Boucharel, I. I. Lin, F. F. Lien, I. F. Pun, 2017 Air-sea flux for Hurricane Patricia (2015) : Comparison with supertyphoon Haiyan (2013) and under different ENSO condition. *Journal of Geophysical Research : Oceans*, 122, 6067-6089, doi : 10.1002/2017JC012741, Aug., 2017.

Hendricks, E. A., M. T. Montgomery, C. A. Davis (2004) The role of 'vortical' hot tower in the formation of tropical cyclone. *J. Atmos. Sci.* 61, 1209-1232.

Holton, J. R. 2004 An introduction to dynamic meteorology, fourth edition, Elsevier Academic Press.

Gill, A.E. 1982 Atmosphere-Ocean dynamics. Academic Press, New York.

Jin, F. F., J. Boucharel, I. I. Lin, El Niño and intense tropical cyclones Reply, *Nature* 526, doi : 10.1038/nature15547, 29 October, 2015.

Rasmusson, E.M. T.H. Carpenter 1982 Variations in tropical sea surface temperature and surface wind field associated with the Southern Oscillation/EL Niño. *Mon. Wea. Rev.*, 110,354-384.

Riehl, H., J. S. Malkus (1958) On the heat balance of equatorial trough zone. *Geophysica*, 6, 503-538.

Rossby, C.G. 1938 : On the mutual adjustment of pressure and velocity distribution in certain simple current system. *J. Marine Res.*, 15-28.

Trenberth, K. E. 1984 Signal versus noise in the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 112,326-332q.

Tseng, Y.H., Ding, R. and Huang, X.-M. (2017), "The warm blob in the northeastern Pacific-the bridge leading to the 2015/16 El Niño," *Environ. Res. Lett.*, 12, 054019.

Wang, B., and J. C. L. Chan, 2002: How ENSO regulates tropical storm activity over the western North Pacific. *J. Climate*, 15, 1643–1658.

Wei, C. H. T. H. Hor, Y. C. Chuang, T. C. Chen Wang, J. L. Wang, 2012 Radar analysis on the interaction between southwesterly monsoon flow and Circulation association with typhoon Morakot (2009). *J. Meteor. Soc. Japan*, 90, 5, 617-628. DOI : 10.2151/jmsj.2102-503.

Williams, K. T. 1971 A statistical analysis of satellite-observed trade wind cloud clusters in the western North Pacific. *Atmospheric Science Paper No.161*, Dep. of Atmospheric Science, Colorado Univ., Fort Collins, Colorado.

Wu, M. C., W. L. Chang, and W. M. Leung, 2004: Impacts of El Niño–Southern Oscillation events on tropical cyclone landfalling activity in the western North Pacific. *J. Climate*, 17, 1419–1428.

Wyrtki, k. 1979 The response of sea level topography to the 1976 EL Niño. *J. Phys. Oceanogr.*, 9, 1223-1231.

Yu, J. Y. Kao, H.Y. Lee, T. 2010 Subtropics-Related Interannual Sea Surface Temperature Variability in the Central Equatorial Pacific. *Journal of Climate*. Volume 23, 2869-2884.

Zipser, Edward J. (2003). "Some Views on "Hot Towers" after 50 Years of Tropical Field Programs and Two Years of TRMM Data". *Meteorological Monographs*. 29 (51): 49–58. Bibcode:2003MetMo..29...49Z. doi:10.1175/0065-9401(2003)029<0049:CSVOHT>2.0.CO;2.



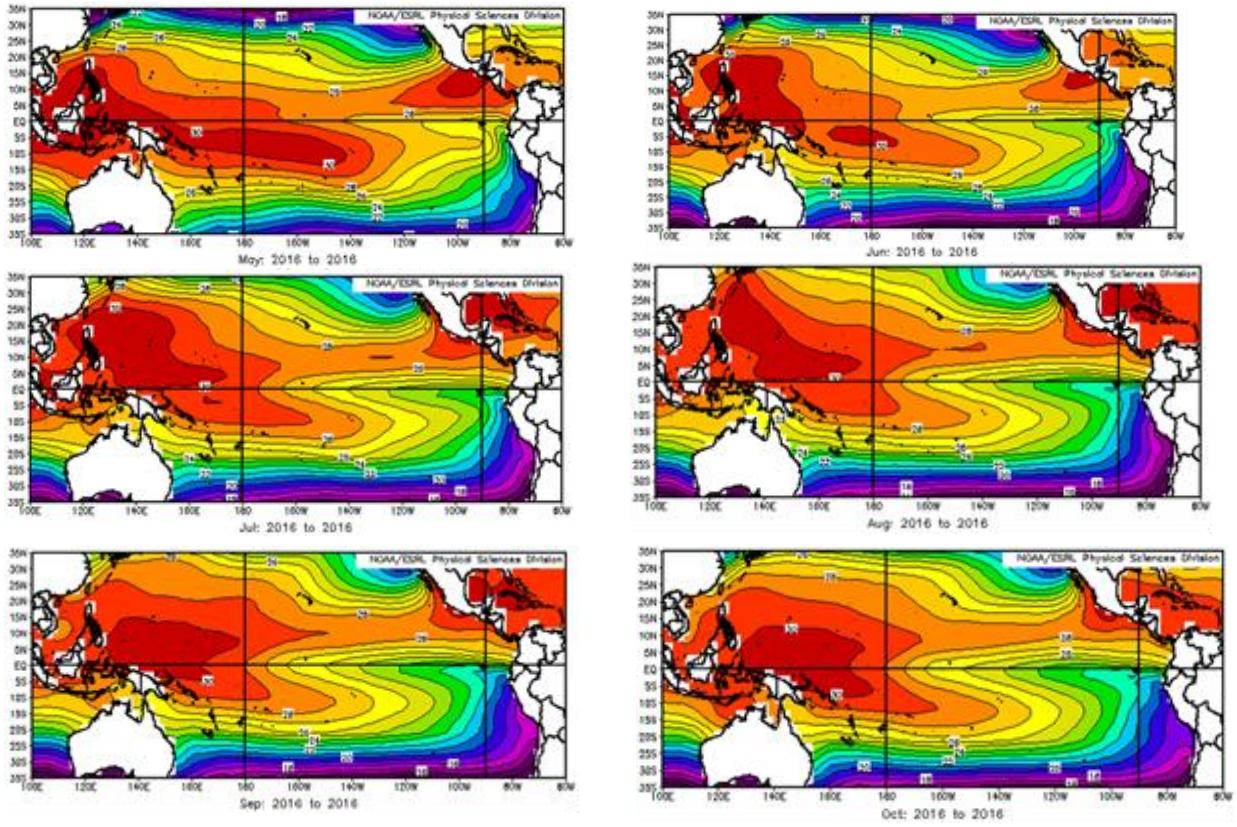


圖 1 2016年5至10月海溫變化圖

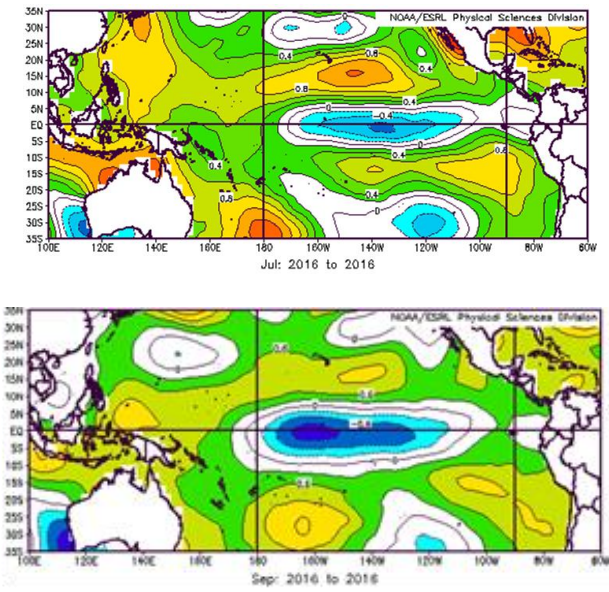


圖 2 2016年7、8、9月海溫距平圖

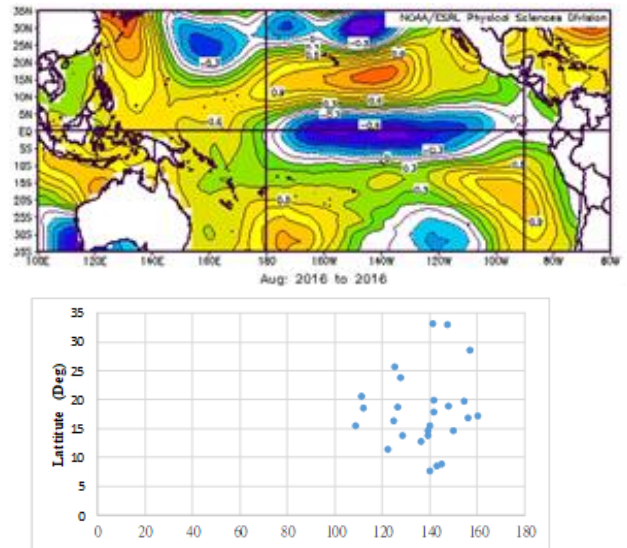


圖 3 2016年7、8、9月颱風分布圖



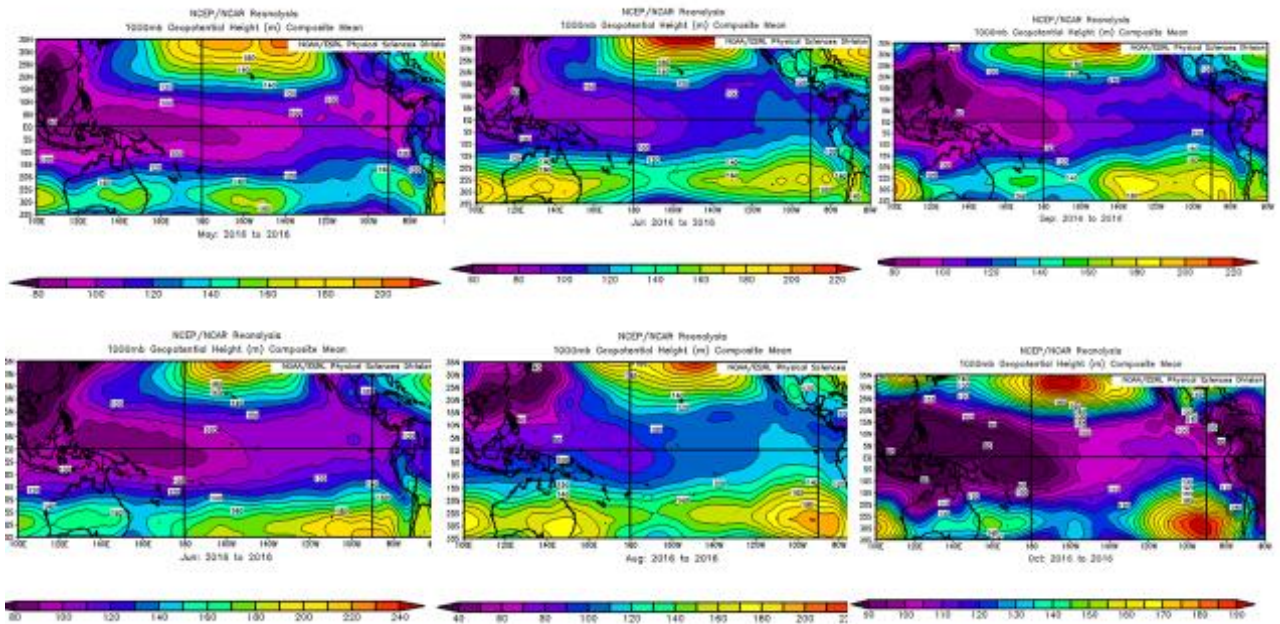
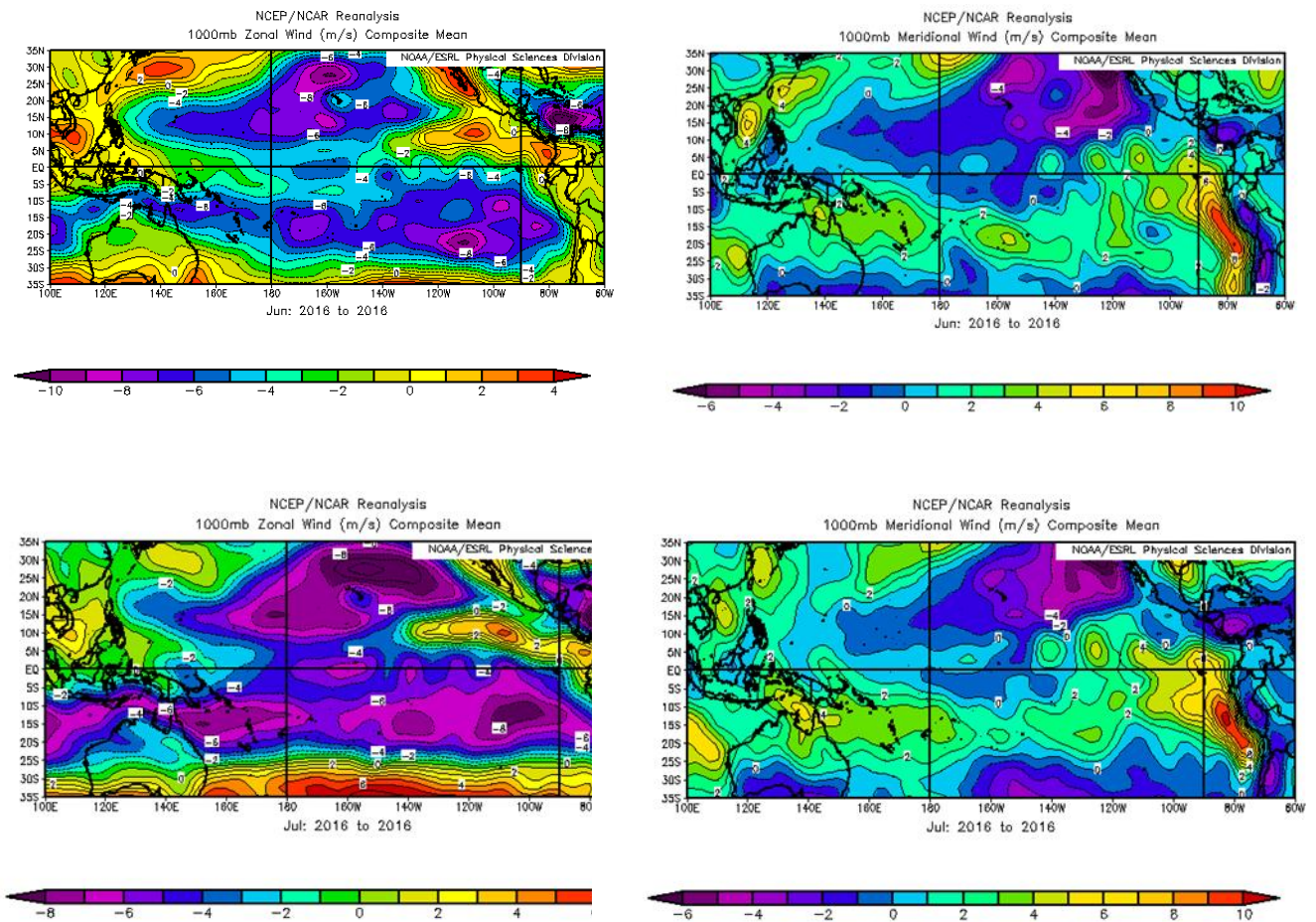


圖 4 2106 年 6 月至 10 月 1000HPA





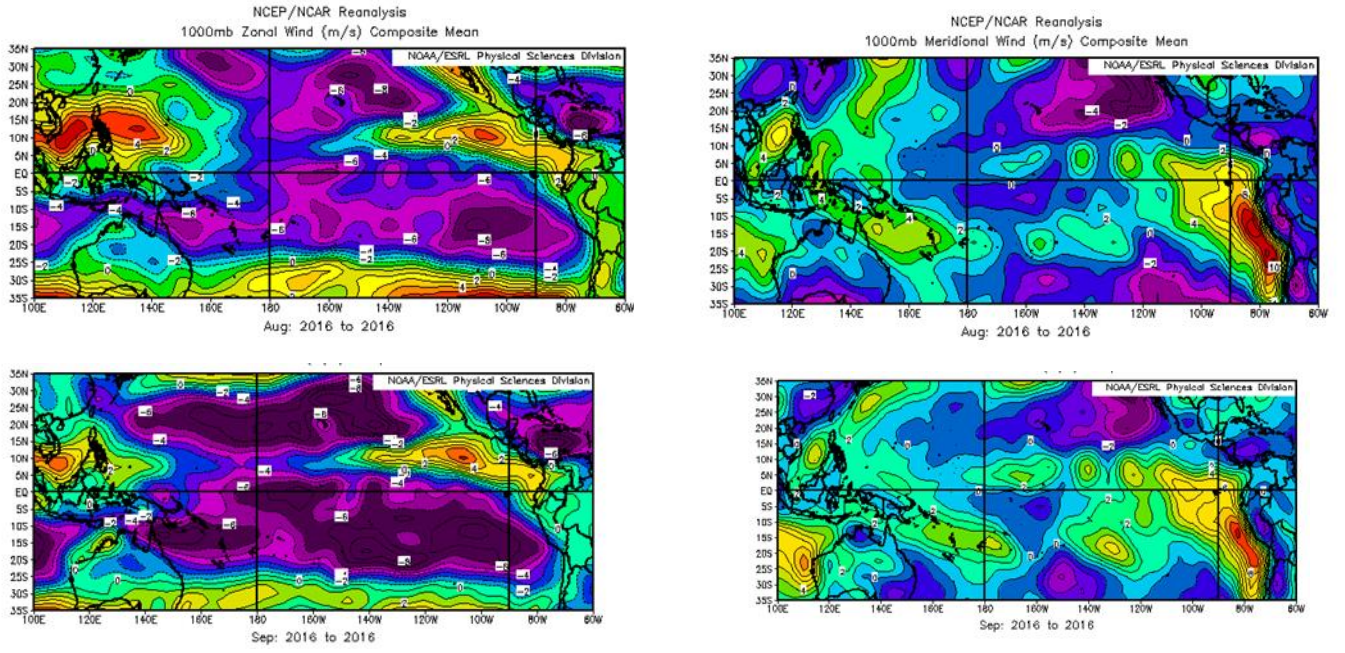


圖 5 2016 年 6 月至 9 月緯流雨經流圖

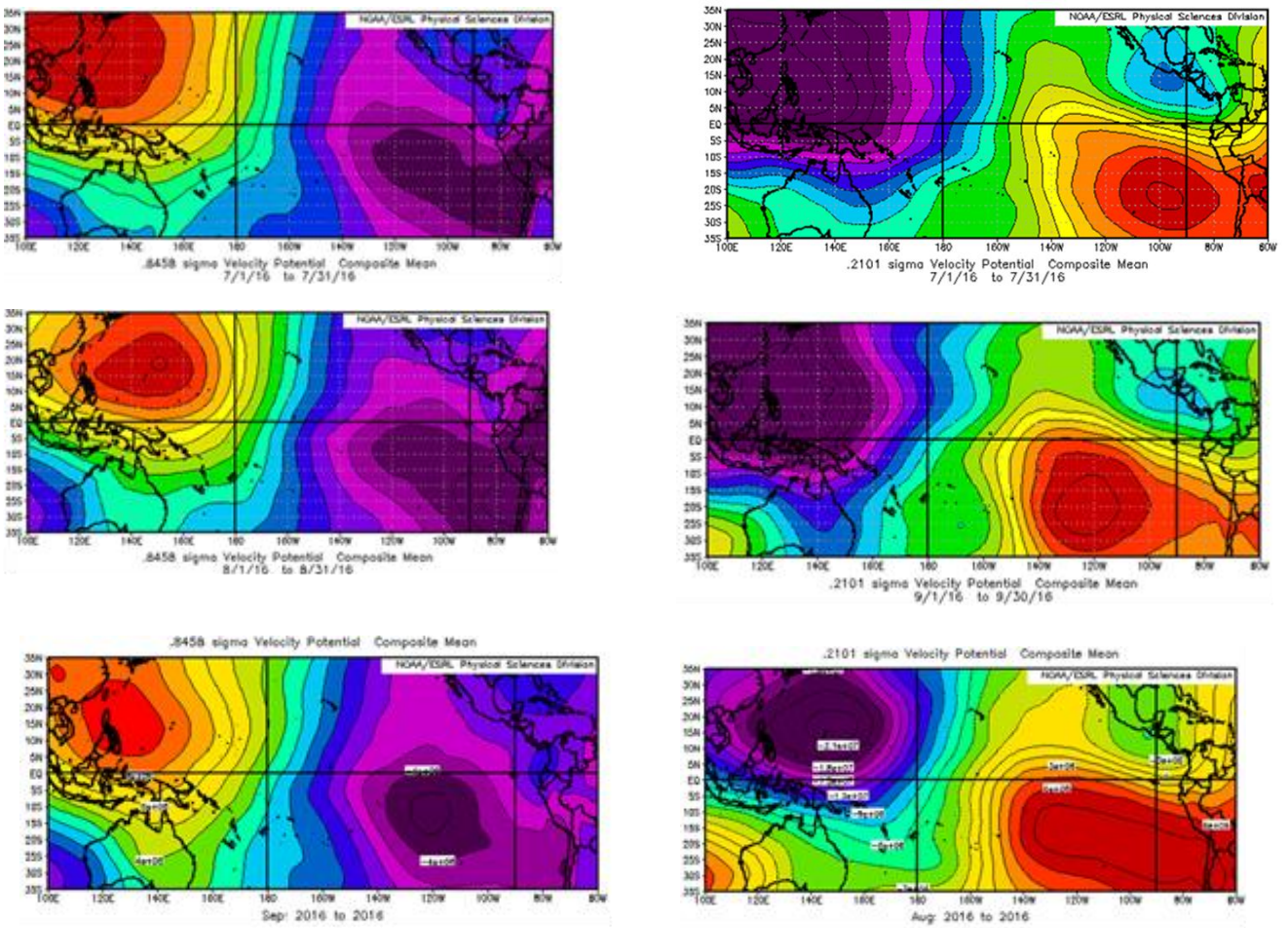


圖 6 2016 年 6 月至 9 月底曾與高層速度位