

臺灣冬季降雨的歷史數據分析與未來模擬推估 Historical Analysis and Future Projection of Winter Rainfall in Taiwan

洪致文 林和駿

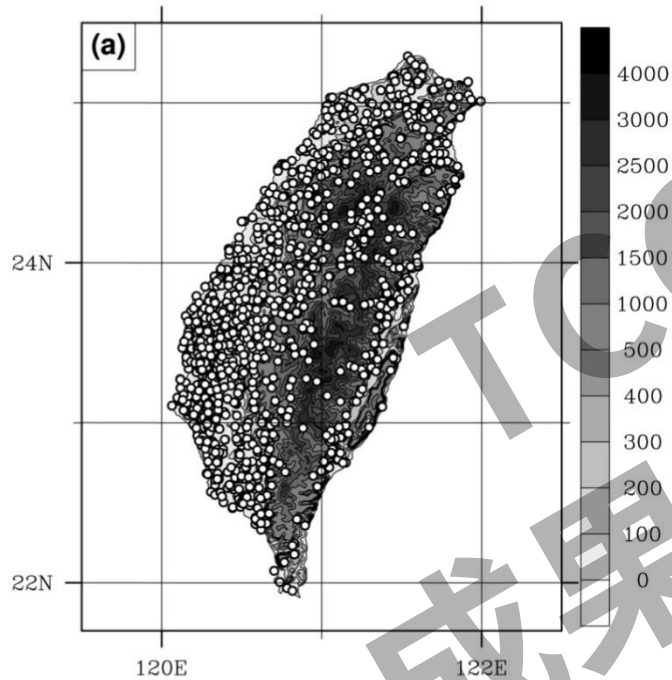
國立臺灣師範大學 地理學系

臺灣冬季降雨的歷史數據分析

Hung, C.-w., H.-J. Lin and H.-H. Hsu, 2014: Madden–Julian Oscillation and the Winter Rainfall in Taiwan. *J. Climate*. 27, 4521-4530.
DOI: 10.1175/JCLI-D-13-00435.1

Data- Rainfall

Taiwan Rainfall Index

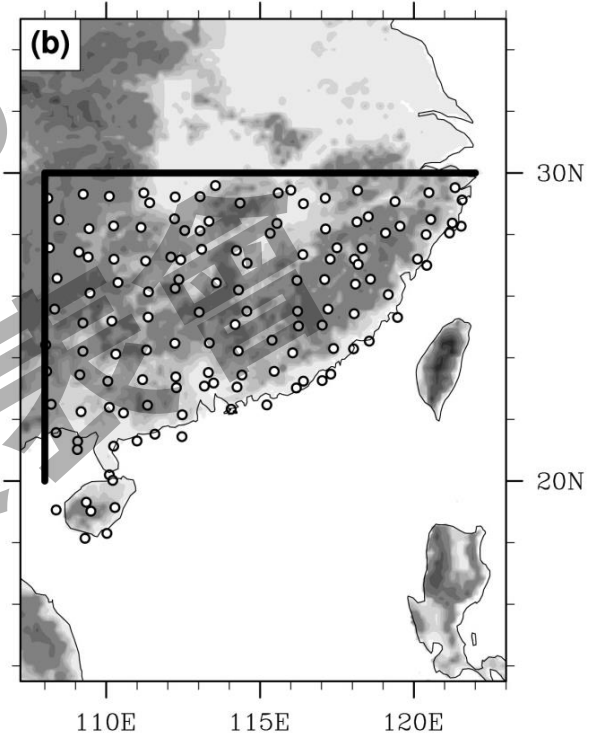


1897 - 2010
1176 stations

洪致文(2012)

1974-2010

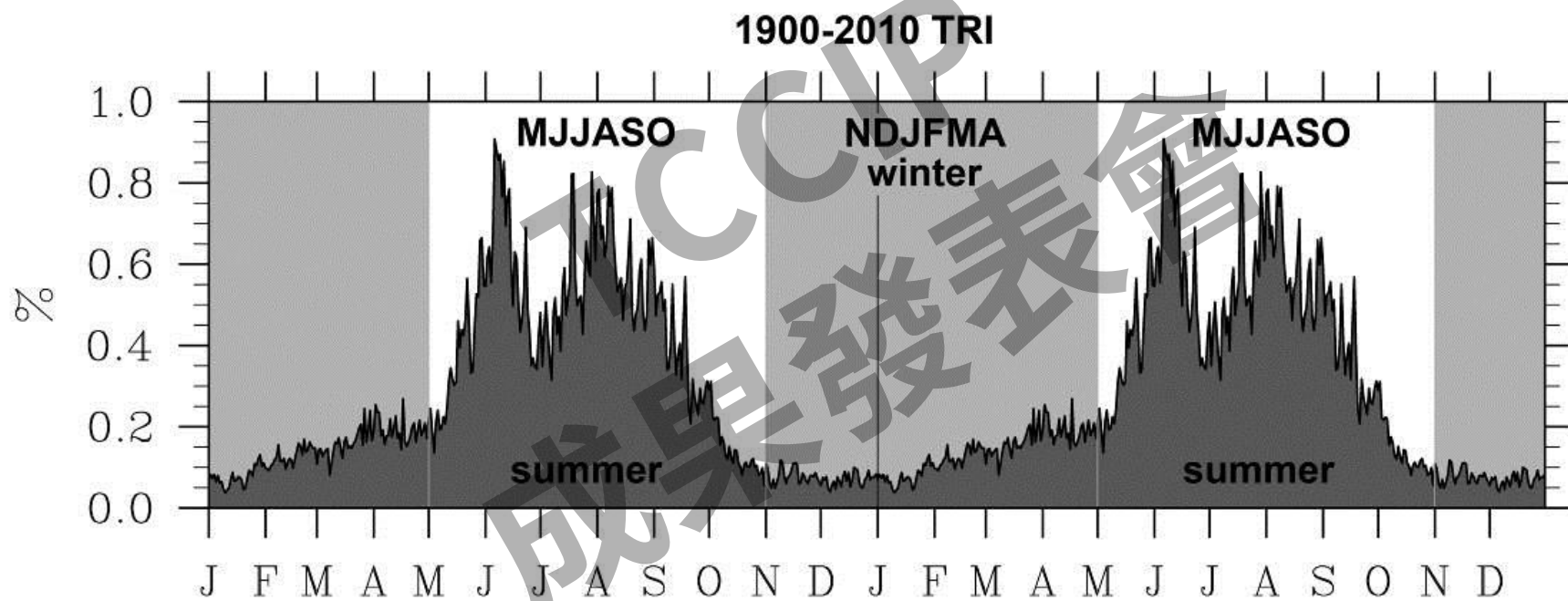
China Rainfall Index



1951 - 2004
142 stations

North 30°N
West 108°E

臺灣降雨年循環



Wind and q reanalysis

ERA-40 ECMWF 40 Year Re-analysis Data Archive

1974-2002

2.5*2.5

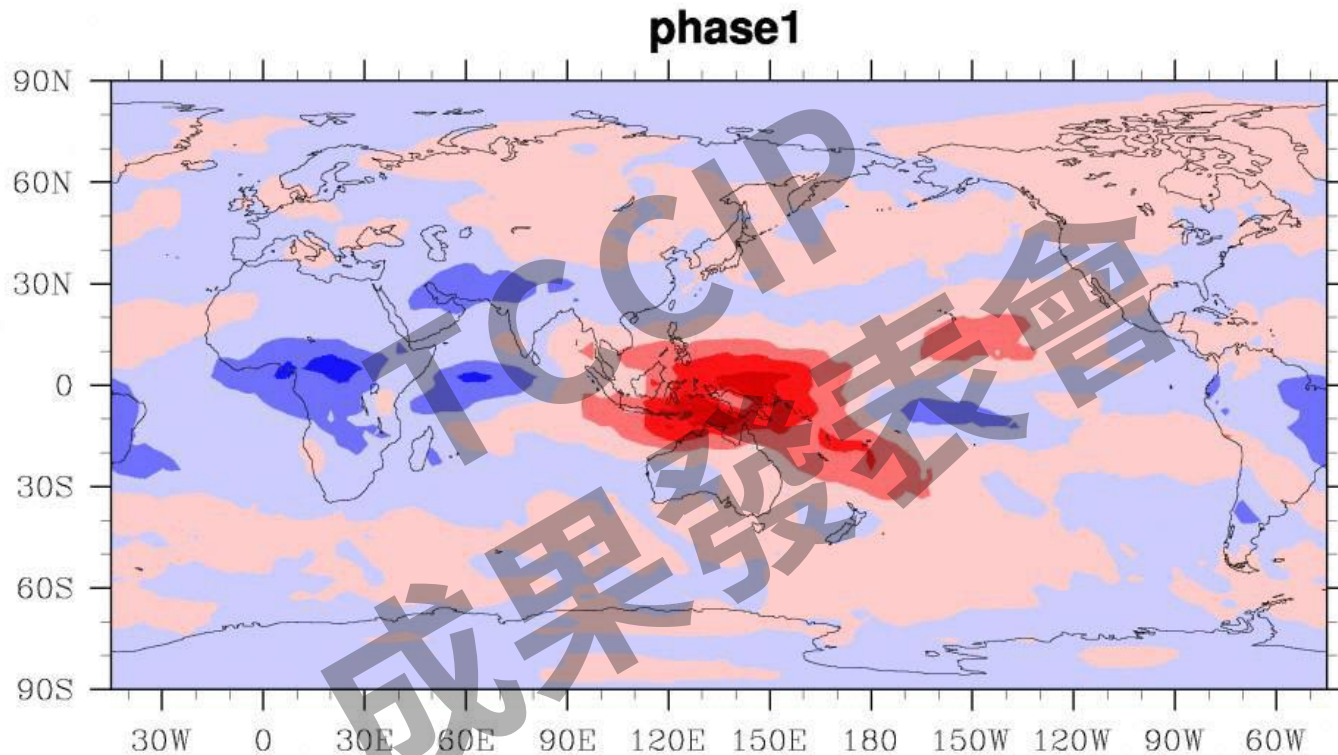
ERA-Interim ECMWF Interim Reanalysis Data Archive

2002-2010

Interpolates from 0.75*0.75 to 2.5*2.5

OLR : NOAA Interpolated Outgoing Longwave Radiation

向外長波輻射距平(OLR anomaly)



Convection of MJO marching near EQ
from west to east

MJO period: 30-90 days

MJO指數

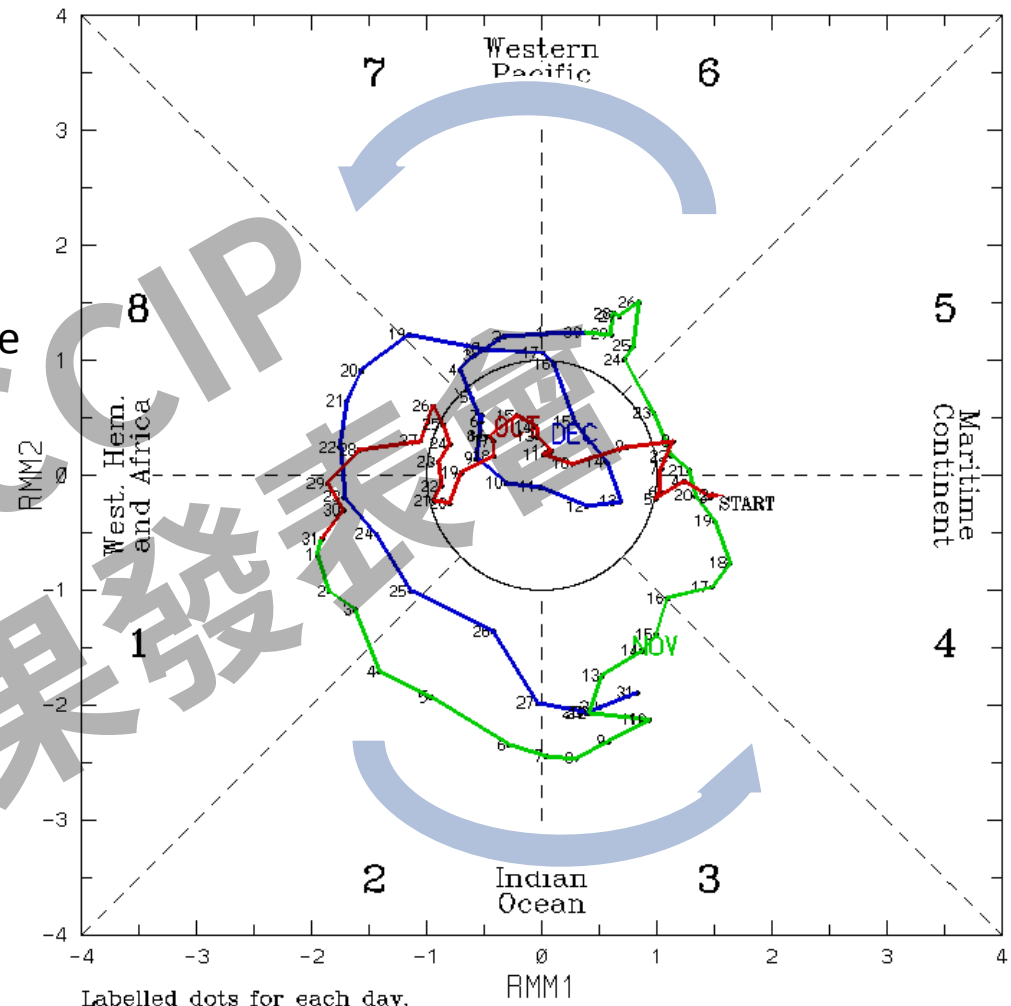
- near-equatorially-averaged
850 hPa zonal wind,
200 hPa zonal wind,
- satellite-observed outgoing longwave
radiation (OLR) data.



Real-time Multivariate MJO
series 1 (RMM1), and RMM2

Wheeler and Hendon(2004)

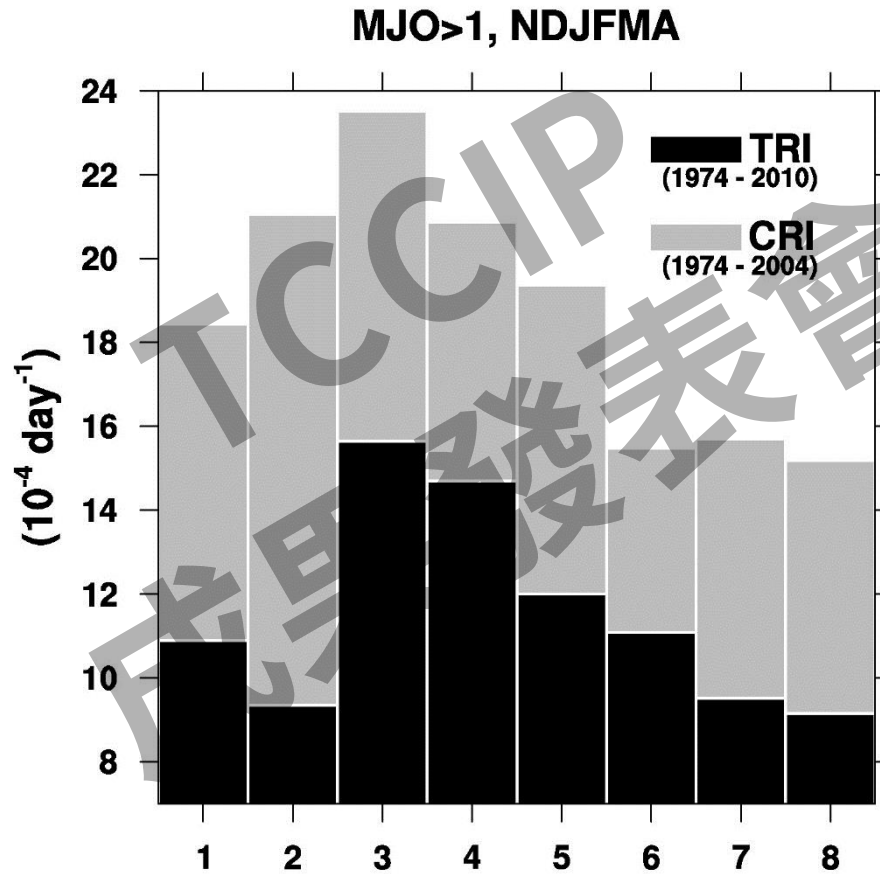
(RMM1,RMM2) phase space for 1-Oct-2009 to 31-Dec-2009



Labelled dots for each day.

Blue line is for Dec, green line is for Nov, red line is for Oct.

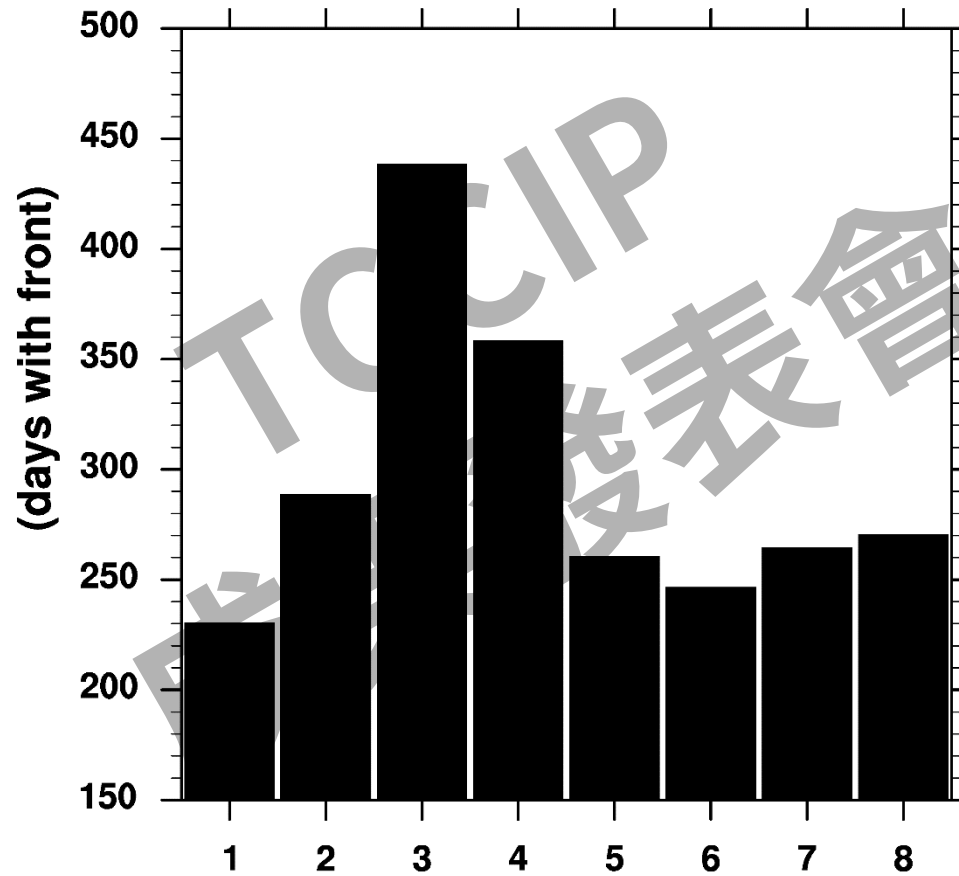
不同MJO 相位的降雨指數



MJO各相位
對流所在位置



不同MJO 相位的鋒面天數

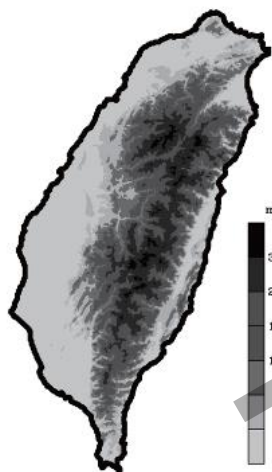


MJO各相位
對流所在位置



不同MJO 相位的臺灣降雨分佈

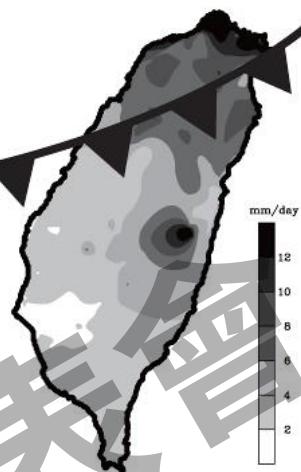
(a) topography



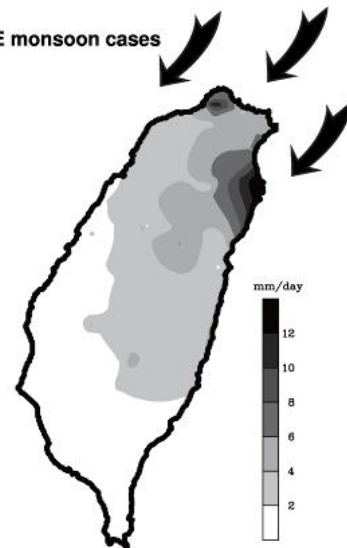
(b) NDJFMA rain



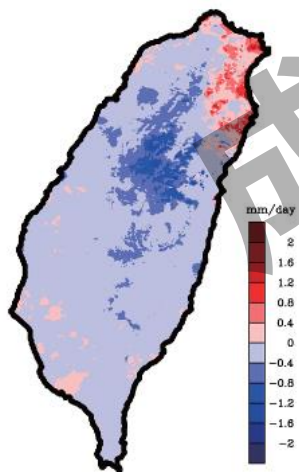
(c) front cases



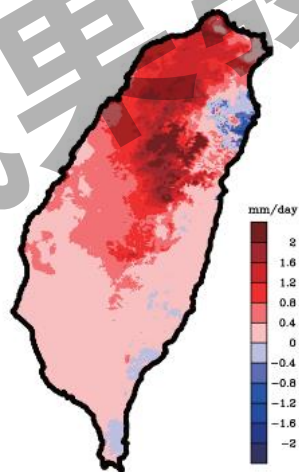
(d) NE monsoon cases



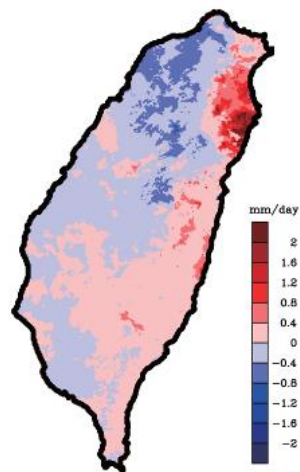
(e) phase 1+2



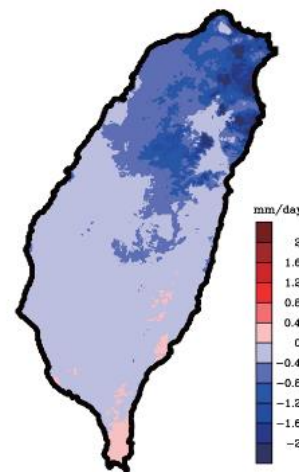
(f) phase 3+4



(g) phase 5+6

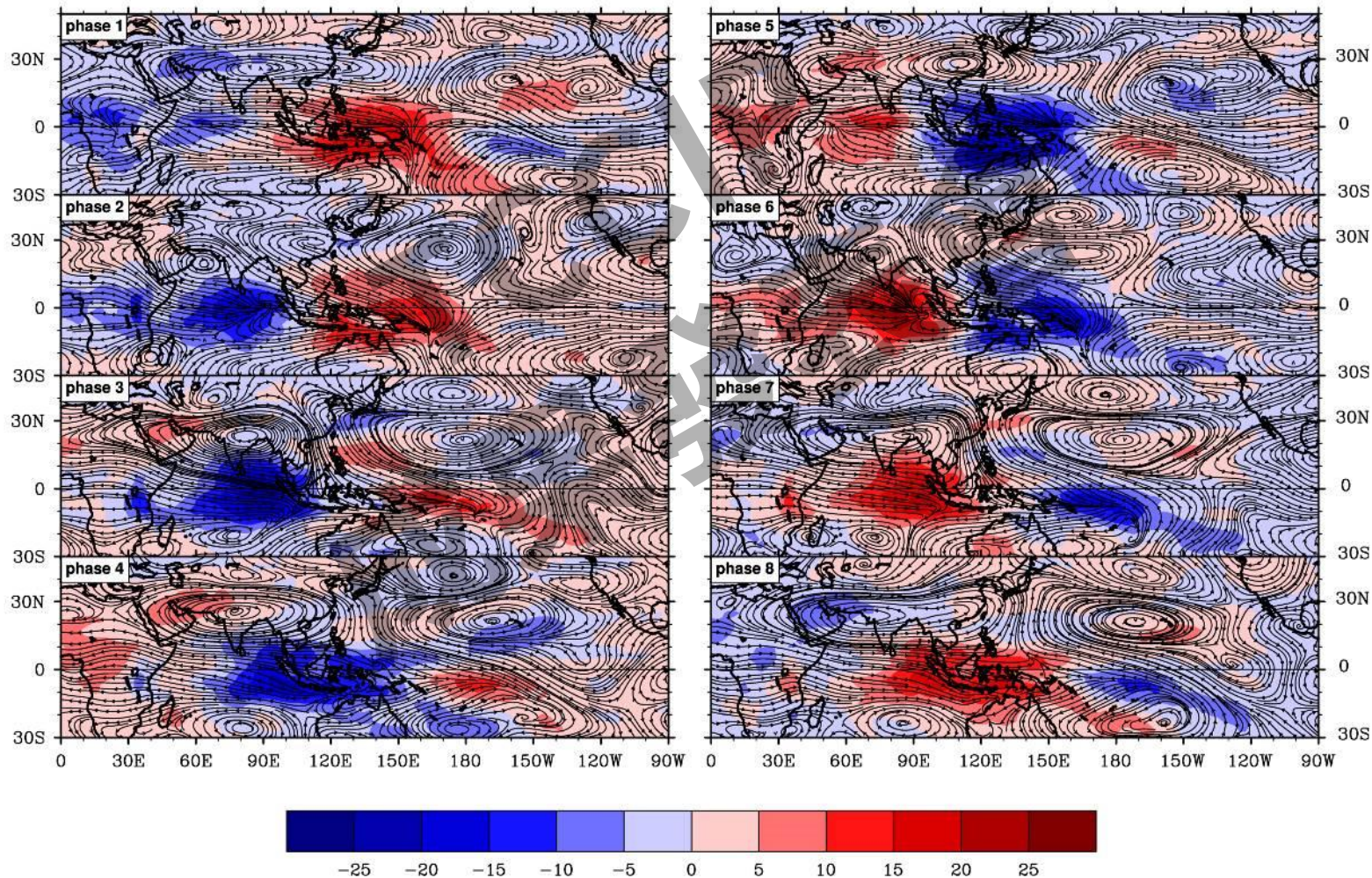


(h) phase 7+8

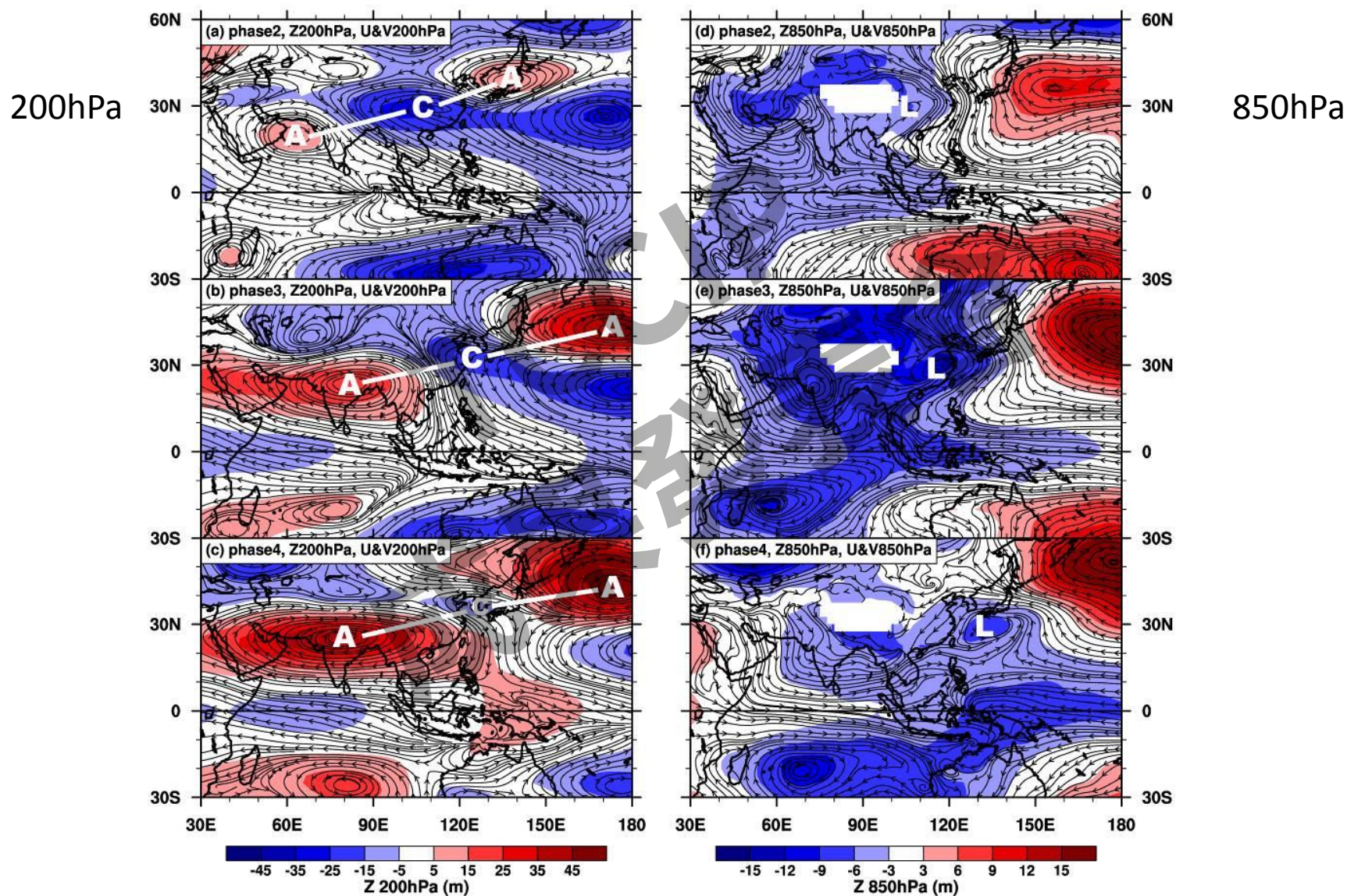


不同MJO相位的环境场

200hPa U&V, OLR (20-100d anomaly)



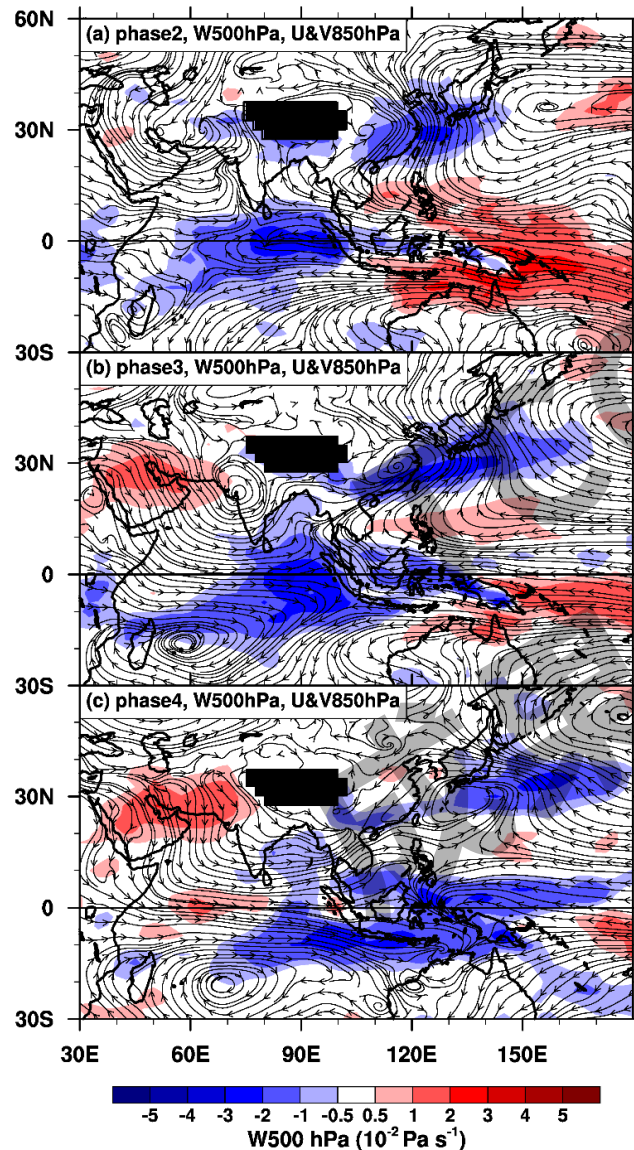
MJO相位2-4的高層、低層高度場、風場



MJO相位2-4的中層垂直速度、低層水氣場

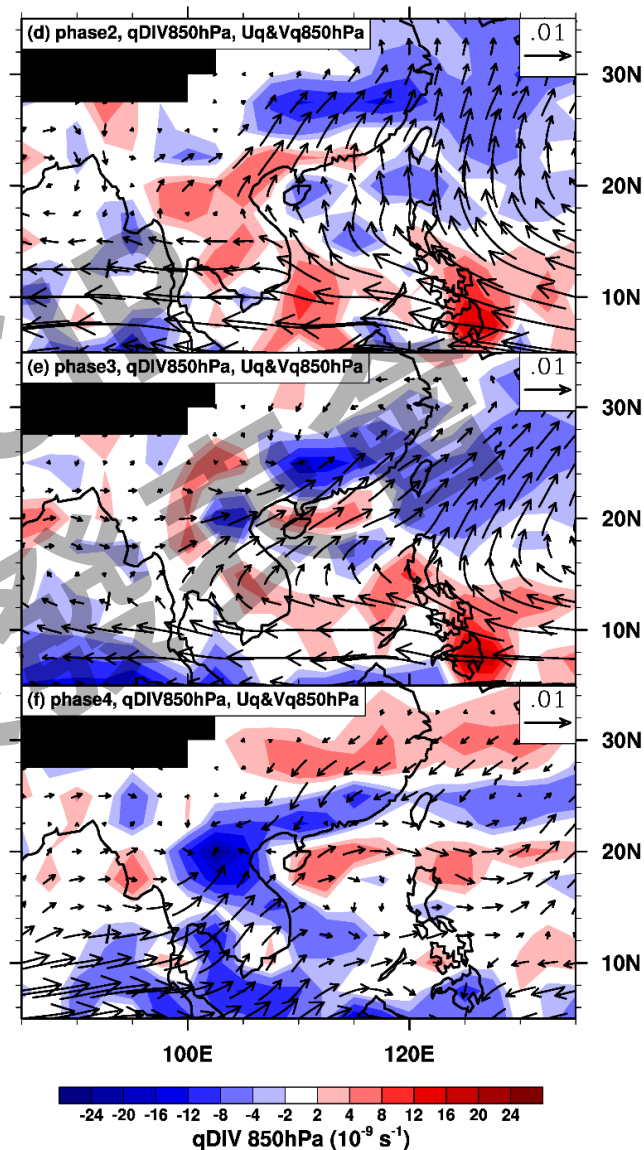
500hPa
垂直速度

850hPa
風場

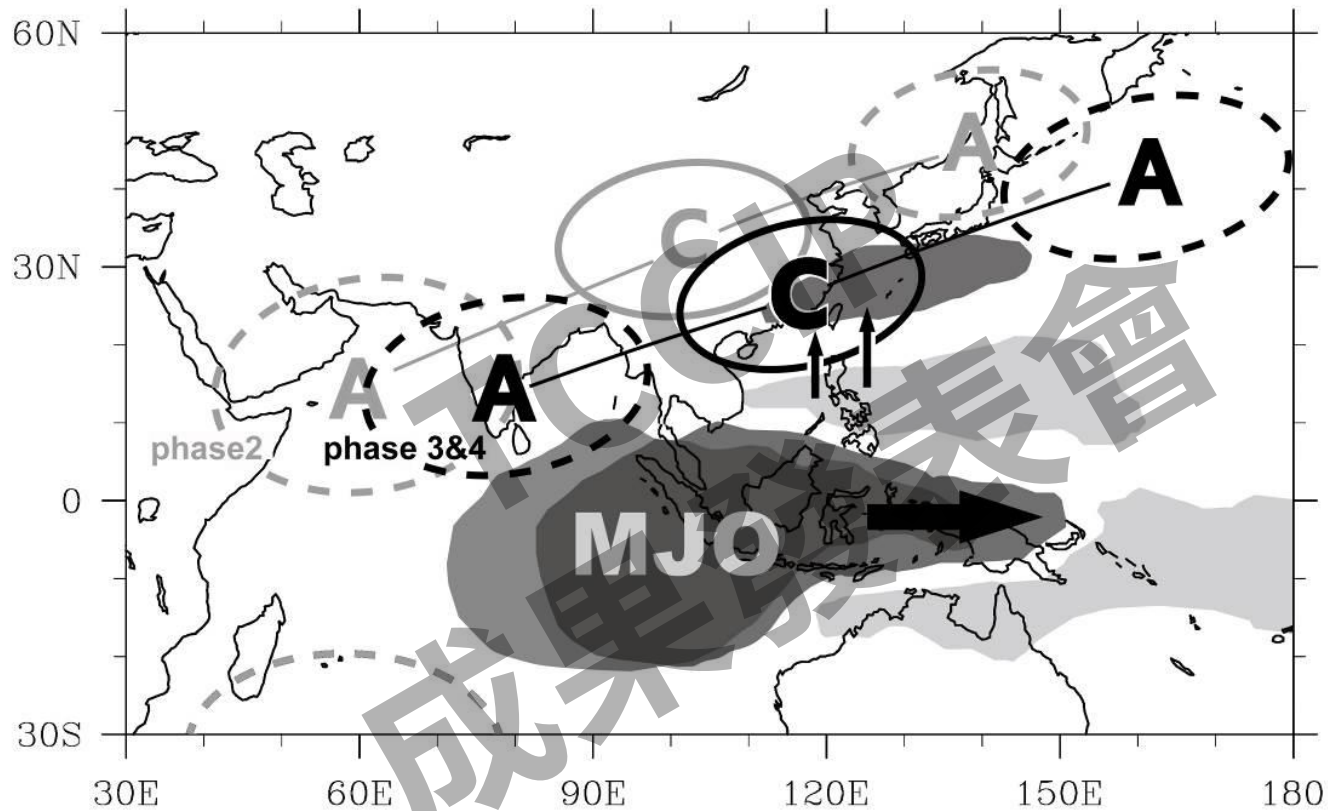


850hPa
水氣輻散場

850hPa
水氣平流



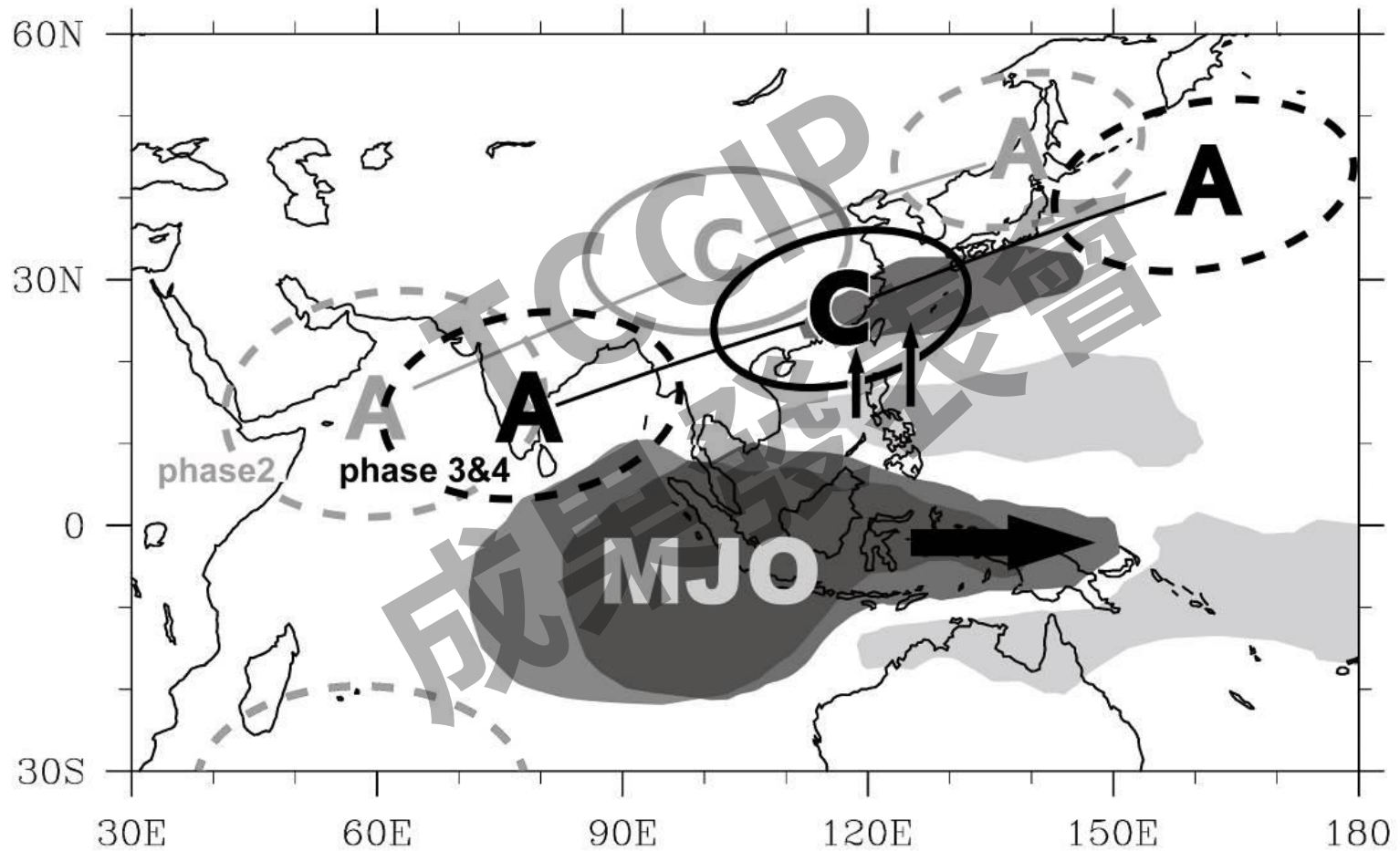
MJO相位2-4 對臺灣降雨的影響



臺灣冬季降雨的未來模擬推估

IPCC
成果發表會

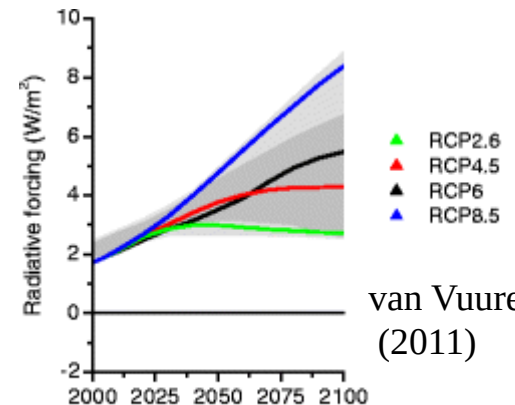
MJO相位2-4 對臺灣降雨的影響



未來推估使用CMIP5模式挑選

- CMIP5模式挑選條件：
有日資料、有850hPa風場、有850hPa水氣場資料、及有降雨資料的模式，且解析度門檻為64 x 128全球網格。
- CMIP5 模式選用：
ACCESS1-0、ACCESS1-3、bcc-csm1-1、bcc-csm1-1-m、CanESM2、CNRM-CM5、CSIRO-Mk3-6-0、GFDL-CM3、GFDL-ESM2G、MIROC-ESM、MRI-CGCM3
- CMIP5模式情境選用：**RCP8.5**

依照van Vuuren et al. (2011) 指出，目前溫室效應的輻射作用力大約為 2 W/m^2 左右，RCP8.5的增加路徑是由目前的 2 W/m^2 一路增加到2100年時為 8.5 W/m^2



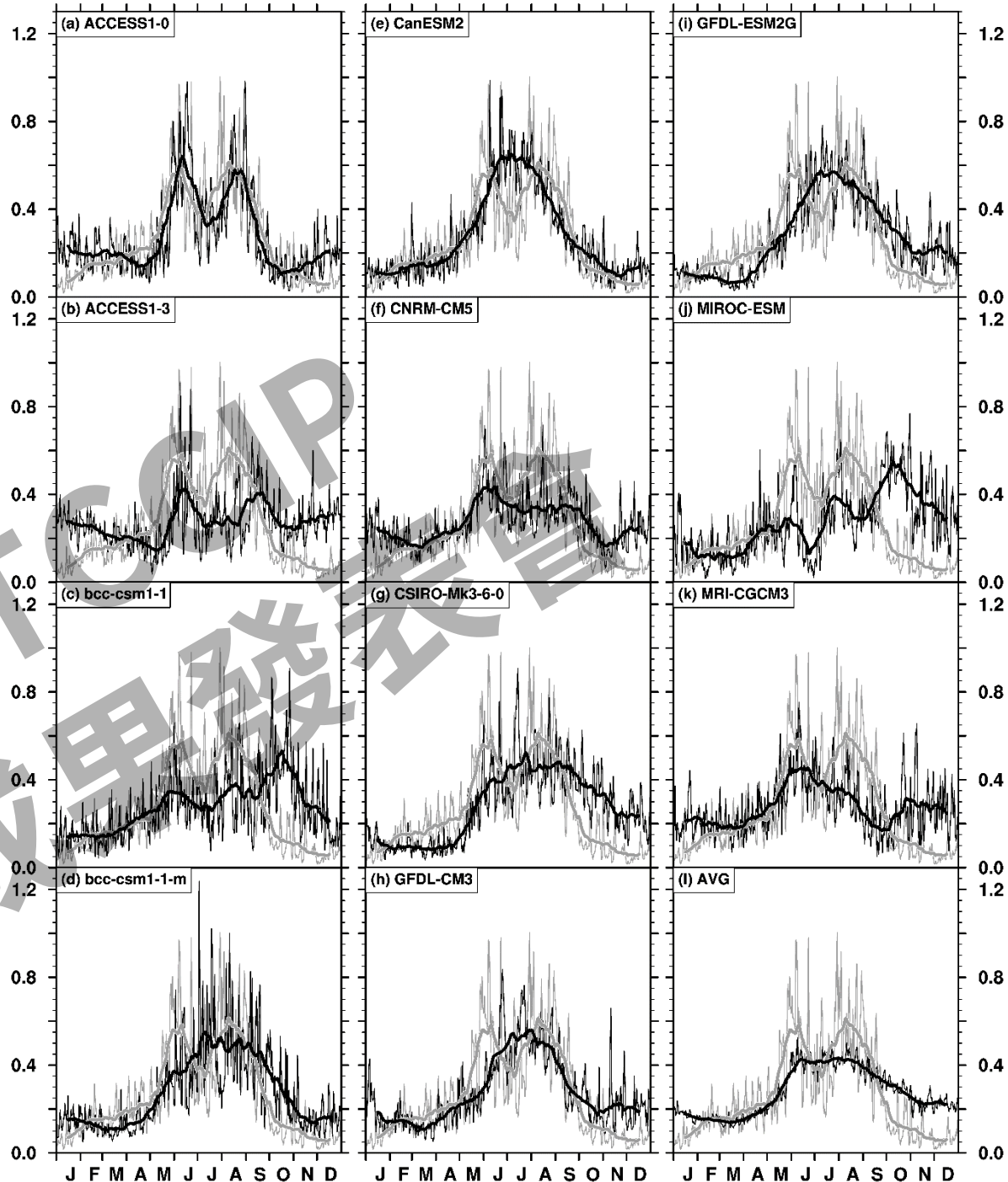
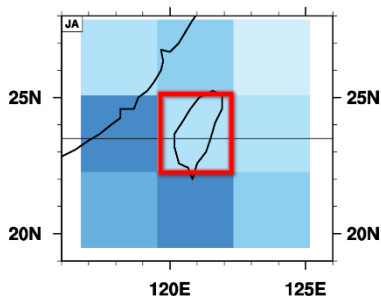
van Vuuren et al.
(2011)

Representative Concentration Pathways (RCPs)

CMIP5 模式降雨 年循環表現不理想

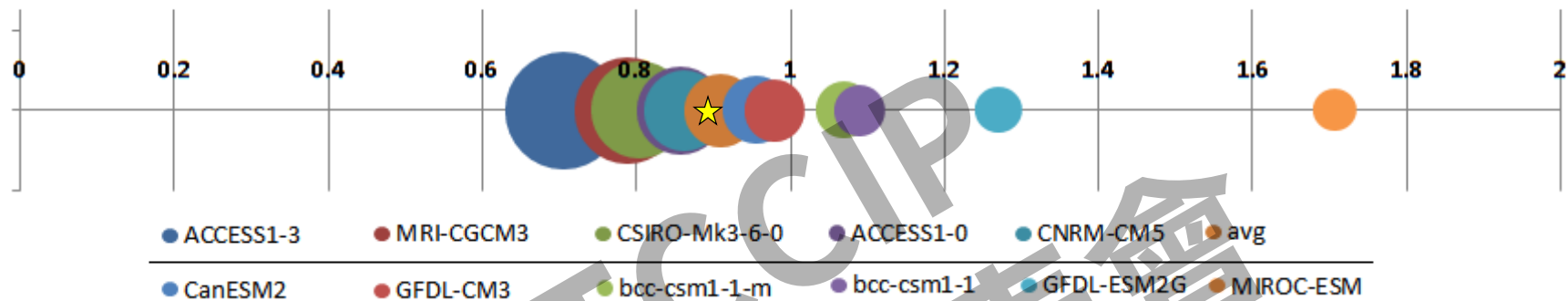
模式降雨模擬不只雨量模擬有偏差，
雨型也有偏差

模式雨量計算為紅框範圍



模式性能指標 (performance index)

CMIP5中11個模式及所有模式的平均 (avg) 的表現排行



模式	ACCESS1-3	MRI-CGCM3	CSIRO-Mk3-6-0	ACCESS1-0	CNRM-CM5	模式平均 ★
I^2	0.705	0.788	0.804	0.857	0.861	0.909
模式	CanESM2	GFDL-CM3	bcc-csm1-1-m	bcc-csm1-1	GFDL-ESM2G	MIROC-ESM
I^2	0.956	0.979	1.070	1.090	1.269	1.707

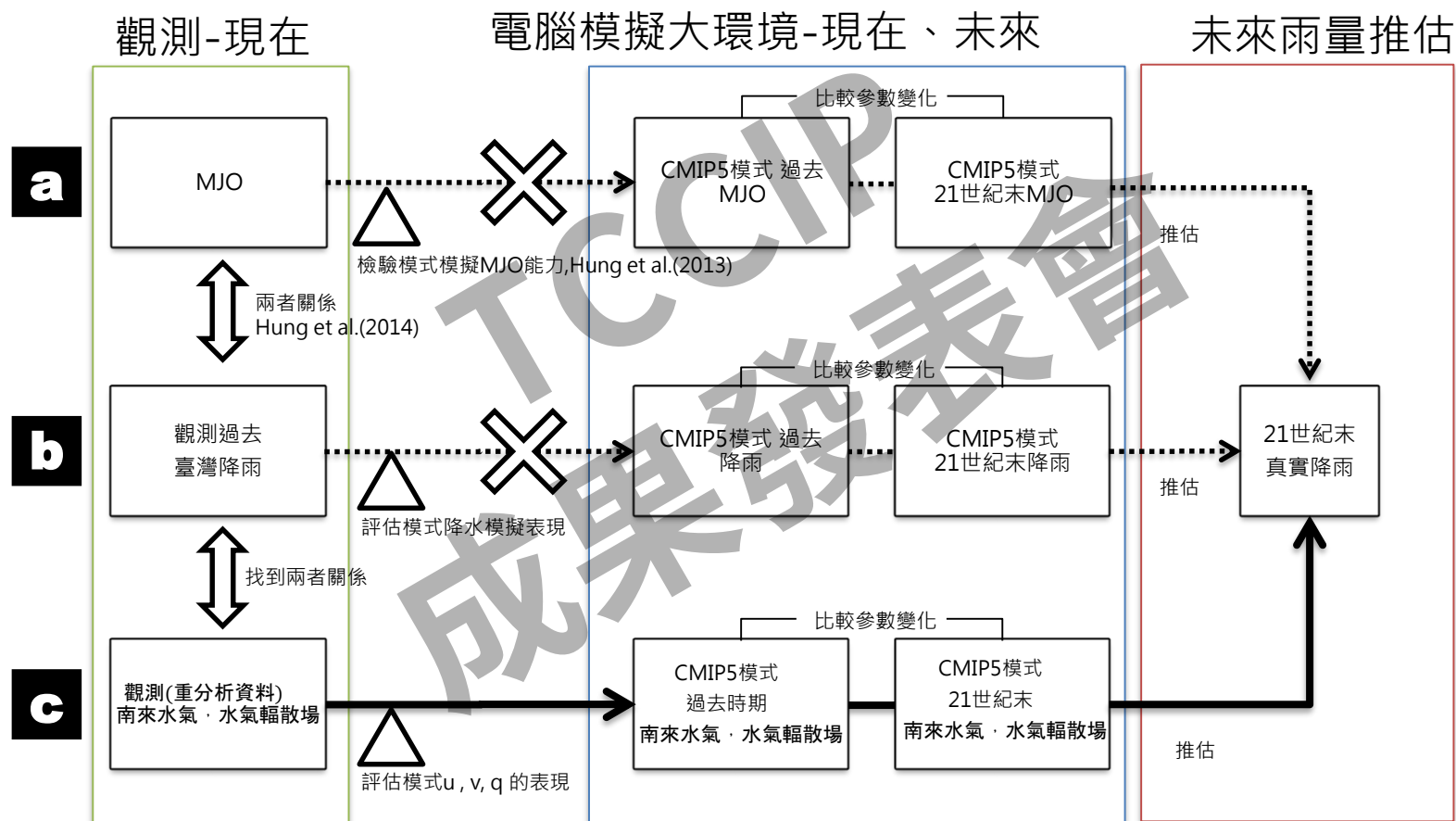
本研究使用Reichler and Kim(2008) 提出的方法
計算性能指標 (performance index)

$$e_{vm}^2 = \sum_n (w_n (\overline{S_{vmn}} - \overline{O_{vm}})^2 / \sigma_{vm}^2) \quad \text{式 (1)}$$

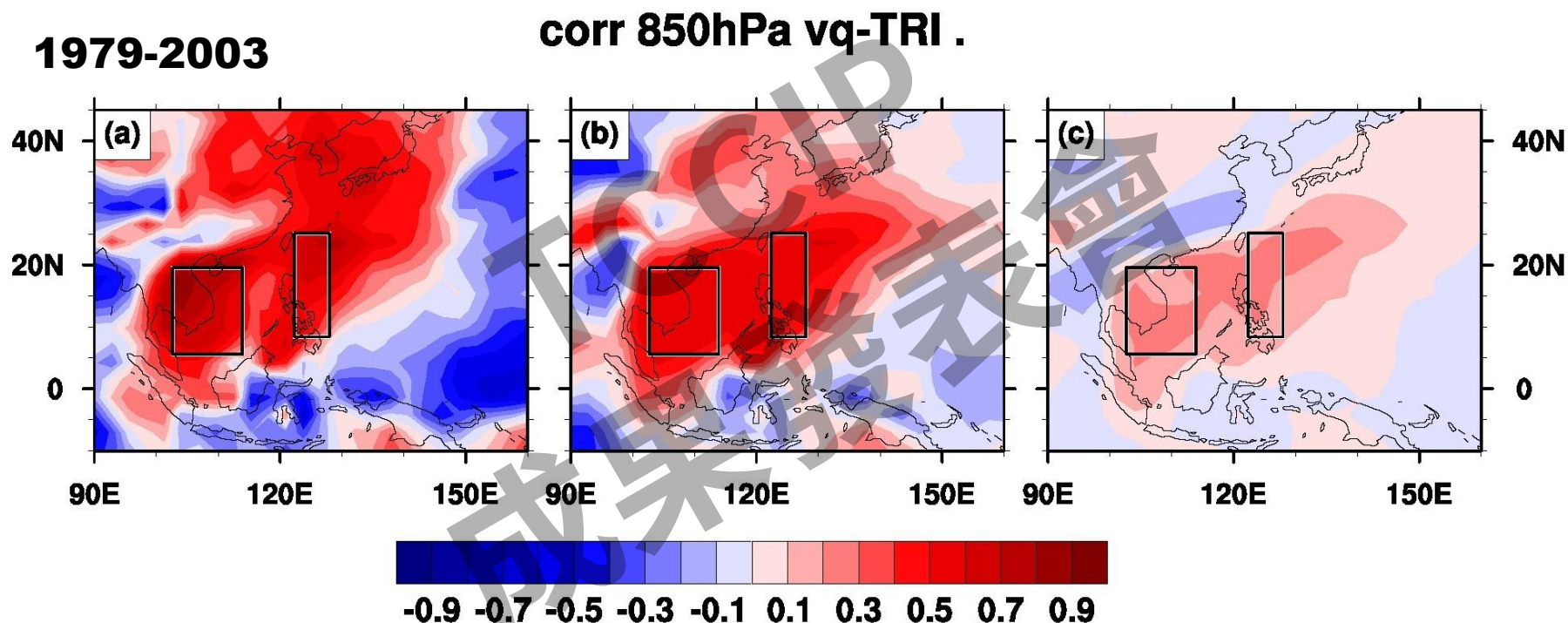
$$I_{vm}^2 = e_{vm}^2 / \overline{e_{vm}^2}^{m=CMIP5 \text{ models}} \quad \text{式 (2)}$$

$$I_m^2 = \overline{I_m^2}^{v=u,v,q} \quad \text{式 (3)}$$

資料與方法-研究概念圖



不同時間尺度臺灣降雨與南北向水氣傳送(vq)的 相關係數(年、月、日)

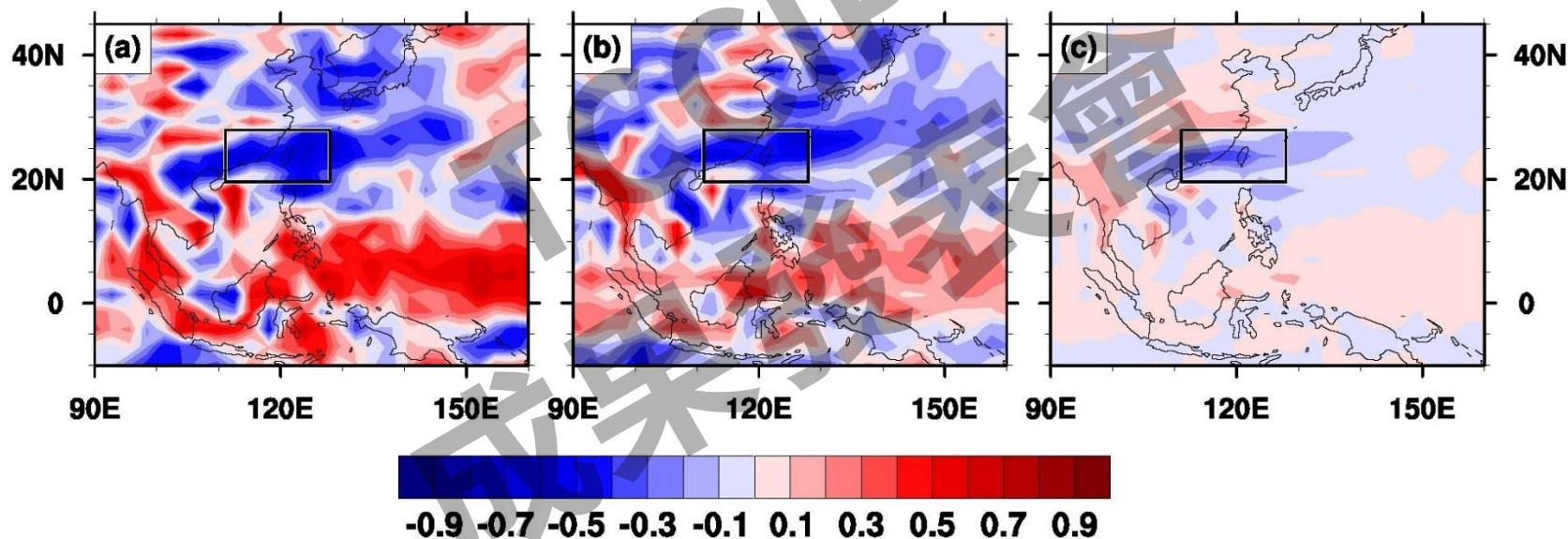


說明：(a)年時間尺度，(b)月時間尺度，(c)日時間尺度。相關係數正的區域(紅色區塊)南來水氣越多臺灣降雨就越多，黑色方框為選定的指標區域。

不同時間尺度臺灣降雨與水氣輻散場 ($\text{Div}(uq_i, vq_j)$) 的相關係數 (年、月、日)

1979-2003

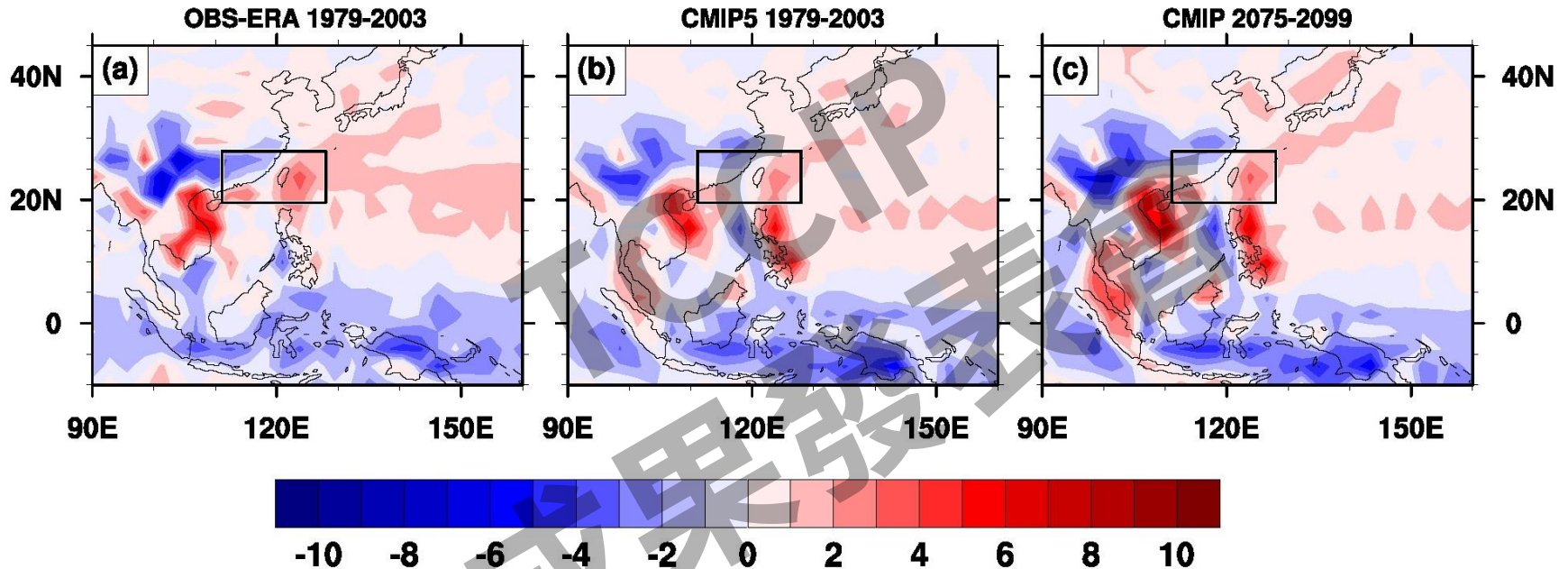
corr 850hPa divq-TRI



說明：(a)年時間尺度(b)月時間尺度，(c)日時間尺度。相關係數負的區域(藍色區塊)水氣輻合越多臺灣降雨就越多，黑色方框為選定的指標區域。

CMIP5模式平均的水氣輻散場

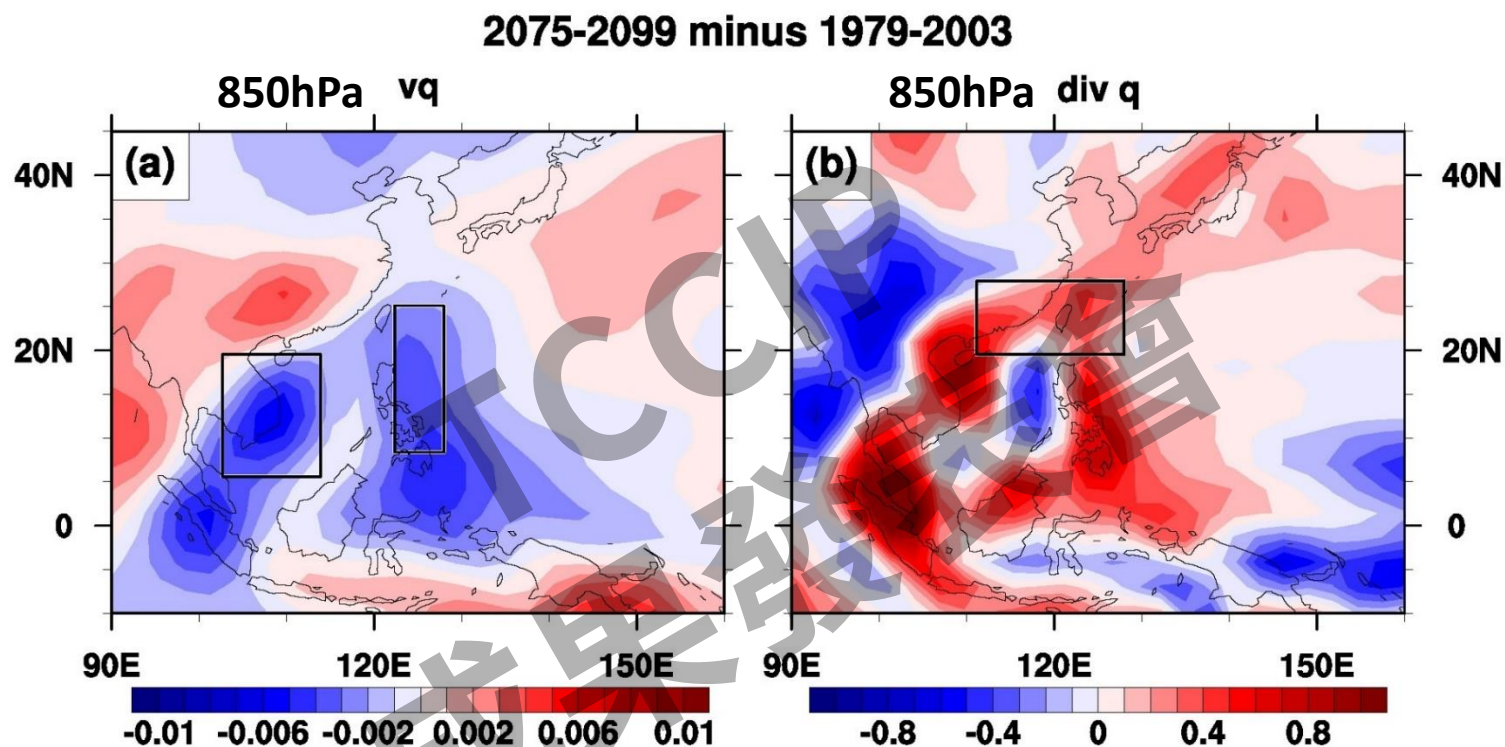
850hPa $\text{Div } q \cdot 10^{-8}$



說明：

- (a)為觀測資料過去時期 (1979-2003年)
- (b)為CMIP5模式過去時期 (1979-2003年)
- (c)為CMIP5模式未來時期 (2075-2099年)

推估未來降雨變化的參考指標



說明：

(a)未來CMIP5模式的水氣輻散場 ($\text{Div}(uqi, vqj)$) 變化

(b)未來南北向水氣傳送 (vq) 變化

計算方式為未來時期 (2075-2099年) 減去過去時期 (1979-2003年)。

未來時期 (2075-2099) 減去過去時期(2075-2099) 的南來水氣
量及臺灣附近的水氣輻散量

模式名稱	Rcp-His vq變率(%)	Rcp-His Div(uqi,vqj)變率(%)
ACCESS1-0	-362.88	242.15
ACCESS1-3	-1485.57	79.64
bcc-csm1-1	-33.21	49.47
bcc-csm1-1-m	-43.04	33.19
CanESM2	-103.05	20.86
CNRM-CM5	-40.13	84.51
CSIRO-Mk3-6-0	10.81	6.29
GFDL-CM3	-29.02	14.19
GFDL-ESM2G	-17.64	9.52
MIROC-ESM	-35.29	108.70
MRI-CGCM3	-26.25	29.36
所有模式的平均	-196.84	61.63

大部分的vq變化值均是負，而Div(uqi,vqj)均為輻散。

總結：

1. 臺灣冬半季(11月-隔年4月)降雨受到赤道附近MJO影響，MJO相位3-4時臺灣降雨最多，相位2降雨最少。
2. 主要機制為中緯度波列的傳送與南來水氣的傳送，MJO相位3-4與鋒面系統搭配容易帶來較多降雨。
3. 利用上列臺灣降水增加的機制，分析模式推估未來南來水氣與水氣輻合的改變，可以推估未來冬半季臺灣降水的變化。
4. 結果顯示RCP8.5情境之下，未來南來水氣減少、臺灣附近水氣輻合也減少，推估未來臺灣的冬半季降水有減少的可能。

THE END... 感謝聆聽