

由不同衛星資料估算海洋熱容量

胥立南
中央氣象局 4 組 4 科

摘要

由於西北太平洋是颱風發展較多的區域，有鑑於近年衛星發展迅速，遙測的技術亦隨之進步，尤以微波波段可穿透雲層測得海溫(林依依, 2007)，故資料愈來愈多，因此，國外機構將不同衛星所反演的海溫資料，予以組合，如海水表面溫度(SST)有 MW、MW_IR 與 OSSTIA(Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis)等海溫資料。本研究嘗試將不同衛星所組合的海溫資料放入 TCHP(Tropical Cyclone Heating Potential)程式中推估海洋熱容量(林依依, 2007、Yen Hsuan Tsao and Chung Ru Ho, 2010)；並相互比較不同海溫所估算海洋熱容量，且瞭解暖窩帶形成時期與範圍及西太平洋區域是否有逐年增暖的現象。

關鍵字: TCHP

一、前言

海洋是熱帶氣旋的溫床，當上層海水溫度達 26°C 或以上時，海水會蒸發，其氣溫較周遭環境氣溫高時，空氣塊會被舉昇，也就是形成上昇氣流，當空氣塊達到飽和，水汽凝結釋出潛熱，再提供能量給空氣塊使之持續上昇，如此循環，水滴(汽)不斷增加，中低層大氣雲量增多，雲層增厚，此時近海面渦旋逐漸形成，當海面熱量持續增強，渦旋會增強成熱帶氣旋，且有可能進而增強為颱風。

二、資料來源與處理

TCHP 模式需要海溫(Sea Surface Temperature, SST)與海面異常高度(Sea Surface Height Anomaly, SSHA)兩種資料。由表 1，海溫資料來自於 2 個單位，1. Remss(Remote Sensing Systems)，其 MW 的 SST 是以 AMSR2、Windsat 之衛星資料估算且合成，空間解析度為 25km，時間解析度為 1 天；MW_IR 的 SST 是以 AMSR2、Windsat、Terra Modis IR、Aqua Modis IR 衛星資料估算且合成，空間解析度 9km，時間解析度為 1 天，資料型態為 byte，因此，海溫計算公式為 $sst = \text{byte} * 0.15 + (-3.0)$ ；2. NASA Jet Propulsion Laboratory，其 Ostia (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis) SST 是以 ENVISAT/AATSR、InSitu/InSitu、MSG/SEVIRI、NOAA-16/AVHRR-3、NOAA-17/AVHRR-3、NOAA-18 / AVHRR-3 等衛星資料估算且合成，空間解析度 5km，時間解析度為 1 天。又 SSHA 資料是來自

於 Cmems(Copernicus Marine environment monitoring service)，空間解析度為 25km，時間解析度為 1 天；是由 Alsike，Cryosat-2，Jason-3 等衛星資料組合且平均。

三、計算方法

由圖 1 顯示，估算上層海洋熱容量需要 SSHA、SST 資料及 D20、D26 參數，其中 D20 需 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)/NODC(National Ocean Data Central)/WOA01(World Ocean Atlas 2001)的 d_{20} 、 ρ 平均氣候值資料推算(林依依, 2007)；另 D26 為暖水層的厚度(陳郁欣, 2014)，須利用換算比值計算；又 ΔZ 深度差，需將海面下混和層(Mixed Layer Depth)與海溫 26°C 等深線 (D26) 平均。

$$Q_{TCHP} = \rho C_p \Delta T \Delta Z$$

$$\Delta T = SST - 26^\circ C$$

$$\Delta z = \left[\frac{D26 + MLD}{2} \right]$$

$$D20 = \left[\frac{h_{20} + \frac{\rho_2}{\rho_2 - \rho_1} * \eta'}{\rho_2 - \rho_1} \right]$$

$$D26 = \theta * D20$$

(Yen Hsuan Tsao and Chung Ru Ho, 2010)

η' : 海面異常高度(ssha)

h_{20} : 20°C 等溫線深度之氣候平均值

D20 : 在海溫 20°C 等深線

ρ : 海水平均密度， 1.026 g cm^{-3}

C_p : 定壓下之海水比熱， $1 \text{ cal gm}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ΔT : 衛星資料反演海表溫與 26°C 之溫度差

ΔZ : 為海水表面至 26°C 等溫線之深度差(m)
MLD(Mixed Layer Depth):海面下混合層厚度氣候值
 ρ_1 、 ρ_2 :分別是上下兩層海水平均密度
 θ :D26 與 D20 之換算比值
D26 : 在海溫 26°C等深線

四、結論與討論

通常計算海洋熱容量須將海面異常高度、海溫資料放入 TCHP 模式中，且嘗試用 Yen Hsuan Tsao and Chung Ru Ho(2010)海水表面溫度差異(ΔT)與海水表面下深度差異(ΔZ)之公式估算上層海洋熱容量，如圖 1 所示，圖 2(b、c、d) 將計算結果和圖 2(a)NOAA/AOML(Atlantic Oceanographic Meteorological Laboratory)所估計 TCHP 比較，其分布型態與趨勢尚一致。

另本研究將 2008 與 2015 年所估算的 TCHP，作月平均；從 2008 與 2015 年 4 月圖 3(a、d)至 10 月圖 11(a、d)，由 mw 所估計的 TCHP，顯示暖窩帶在菲律賓東方北緯 10 度與 20 度之間形成，至 6、7、8 月逐漸增強，10 月後稍減弱，2015 年暖窩帶似乎在 5 月才開始形成，之後逐漸增強，甚至比 2008 年 TCHP 所示的分布圖更為顯著。其次是 mw_ir 所估算的 TCHP，在 2008 與 2015 年 4 月圖 3(b、e)至 11 月圖 10(b、e)，暖窩帶也是在菲律賓東方北緯 10 度與 20 度之間形成，且 2008 年 4 月圖 3(b)至 11 月圖 10(b)暖窩帶，似乎比 2015 年圖 3(e)至 11 月圖 10(e)顯著，但在 2015 年 4 月圖 3(e)至 8 月圖 7(e)，在赤道至南緯 10 度間，TCHP 估算較 2008 年 4 月圖 3(b)至 7 月圖 6(b)為高；第三是 ostia 所估算的 TCHP，在北緯 10 度與 20 度之間暖窩帶，2008 年 4 月已形成，如圖 3(c)，之後逐漸增強，至 10 月圖 10(c)，開始減弱，但較 2015 年 4 月圖 3(f)至 11 月圖 10(f)顯著；在赤道至南緯 10 度間，2015 年 4 月圖 3(f)至 11 月圖 10(f)，較 2008 年 4 月圖 3(c)至 11 月圖 10(c)估算為高。

對於西太平洋是否逐年增暖，需要更多與長期的資料佐證，考慮的因子要周延，本研究略嫌粗糙，來日希望有較多資料與計算更完整的模式繼續研究。

TCHP 是 2006 年中央氣象局衛星中心委託台大大氣系林依依老師做的研究計畫，從 2007 年至今無論在程式及資料上遇到問題，林依依老師衛星遙測室研究團隊，均不厭其煩的鼎力相助，使得 TCHP 業務不致中斷，預報單位亦有其參考依據，不勝感激。

參考文獻

林依依 2006:微波遙測水溫資料於西北太平洋及邊緣海域的應用,中央氣象局 95 年委託研究計畫
Yen Hsuan Tsao and Chung Ru Ho,2010: Estimation of Tropical Cyclone Heat Potential From Oceanic Measurements,ASME 2011 30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering Volume 6: Ocean Engineering,
陳郁欣,2014；西北太平洋颱風增強與上層海洋熱力結構關係之長期變化,英特爾科展。

誌謝

海溫及海面異常高度名稱	單位	衛星	範圍	解析度
The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis(OSTIA)	NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)	ENVISAT / AATSR InSitu / InSitu MSG / SEVIRI NOAA-16 / AVHRR-3 NOAA-17 / AVHRR-3 NOAA-18 / AVHRR-3	Global	Spatial Resolution: 0.054 degrees (Latitude) x 0.054 degrees (Longitude) Temporal Resolution: 1 Day
MW MW_IR	Data.Remss.com Remote Sensing Systems	Windsat Amsr2 AMSR2, WindSat Terra MODIS, Aqua MODIS	Global	SpatialResolution:25km Temporal Resolution: 1 Day SpatialResolution:9km Temporal Resolution: 1 Day
SSHA(Sea Surface Height Anomaly)	Copernicus Marine environment monitoring service	Alsike (印度、法國, 研究海洋環流和海面高度測量) Cryosat-2(歐洲航天局,環境研究衛星) Jason-3(美國、歐洲,用於測量海洋表面高度)	Global	Global Ocean L4 gridded MAPS NRT SLA 0.25 degree x 0.25 degree daily-mean

表 1、由各種衛星所反演的海溫資料將其融合，時間尺度為 1 天

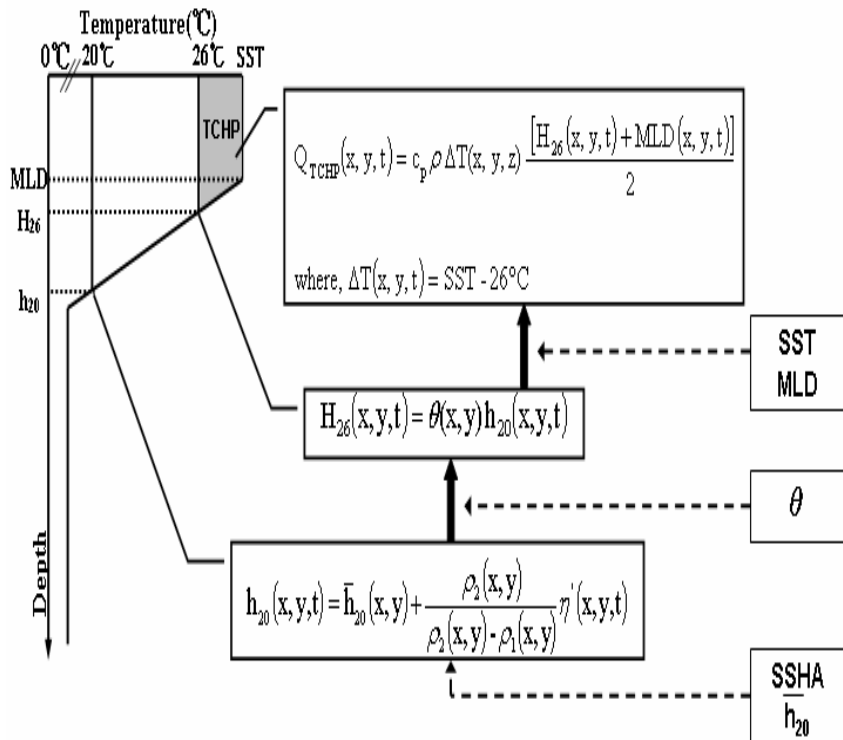
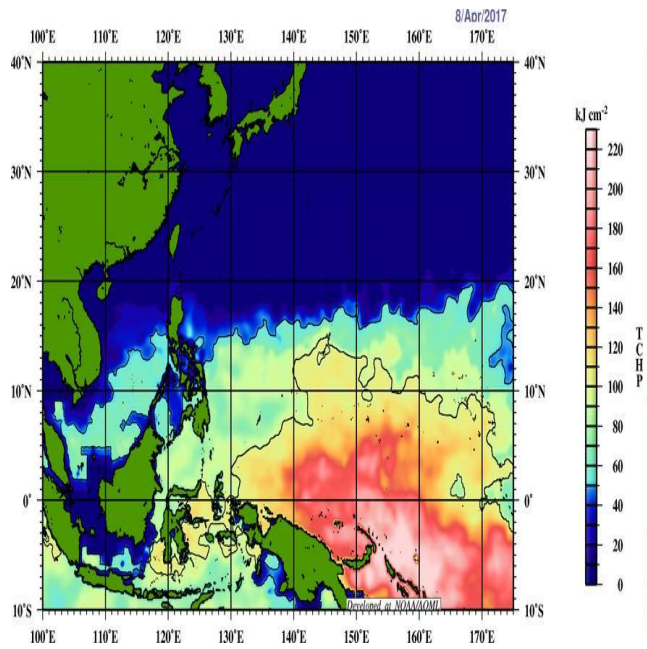
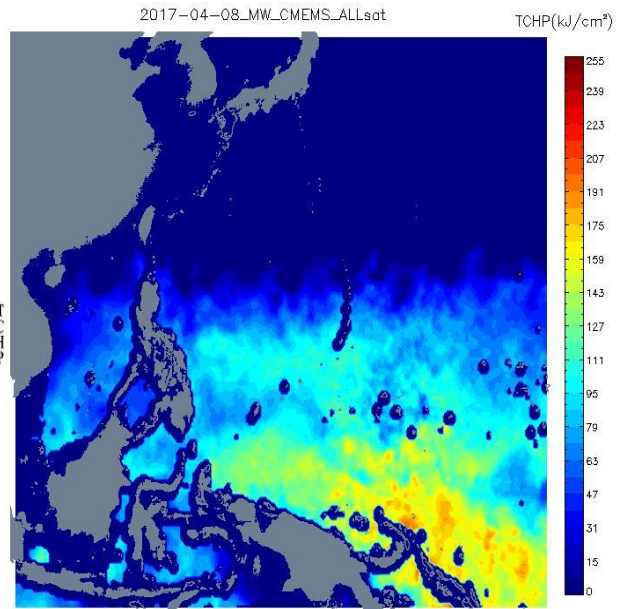


圖 1、為計算上層海洋熱容量的步驟與方法(Yen Hsuan Tsao and Chung Ru Ho, 2010)

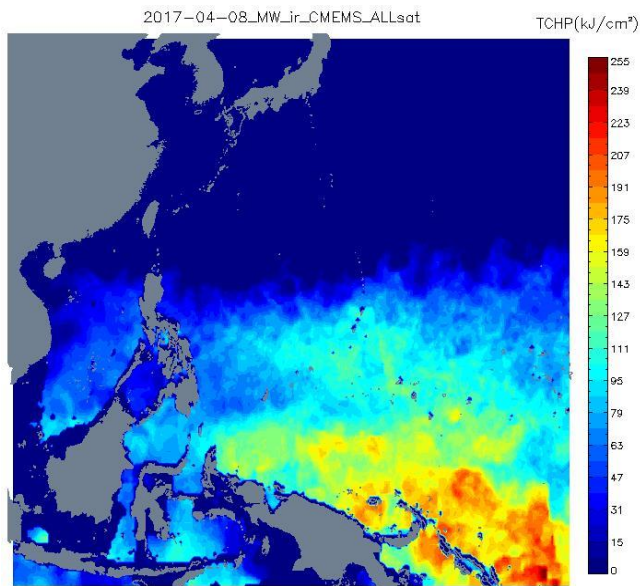
(a)



(b)



(c)



(d)

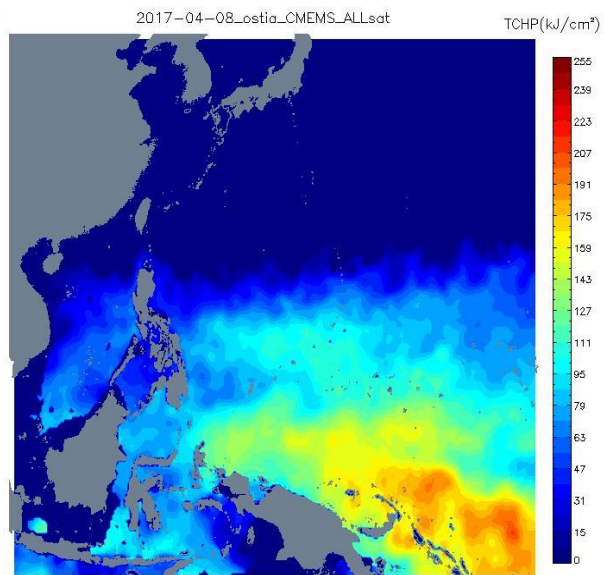


圖 2、(a)Noaa/Aoml 2017 年 4 月 8 日 TCHP 分布圖，(b)至(d)分別是採用 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計的 TCHP 分布圖，日期為 2017 年 4 月 8 日

。

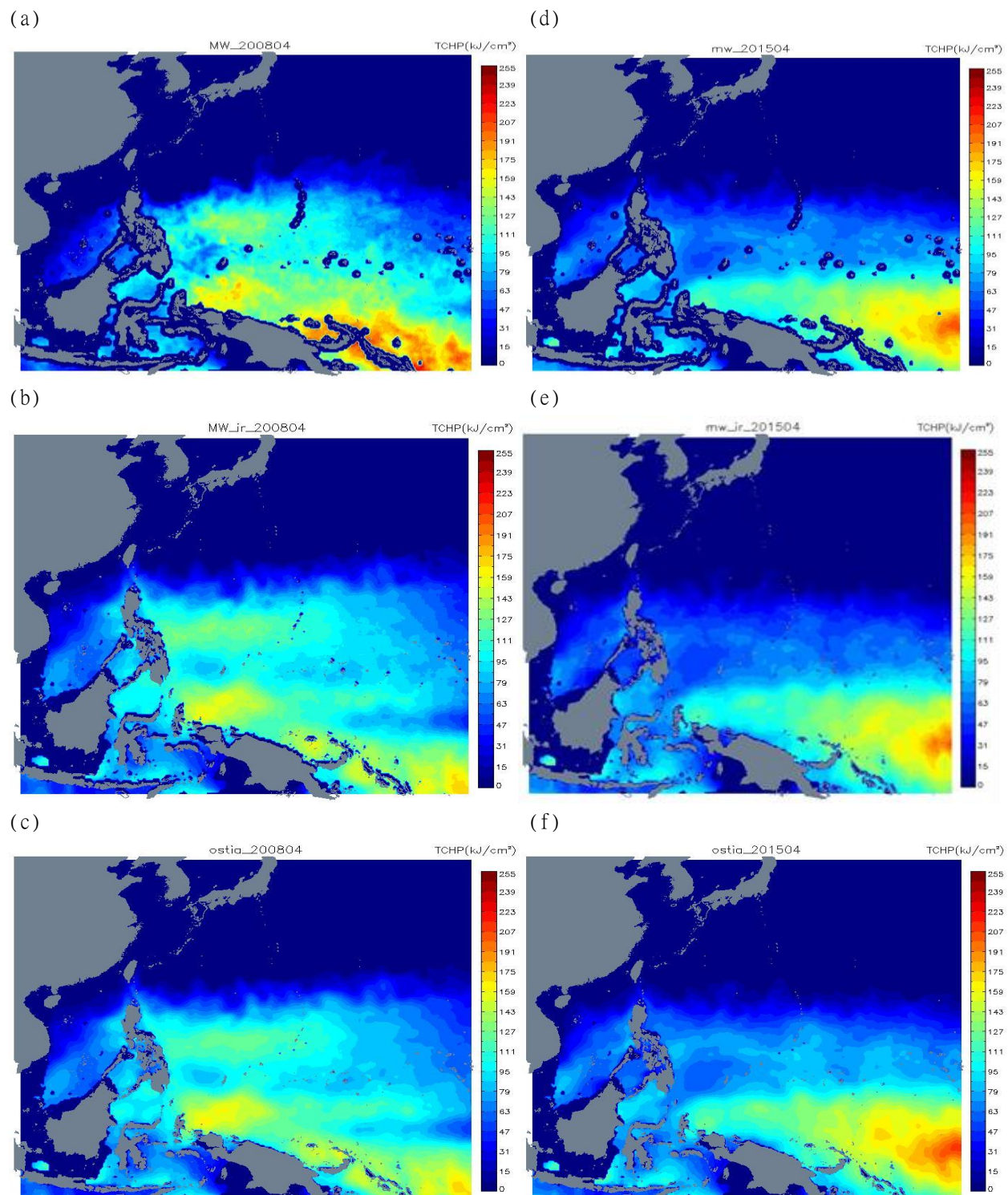


圖 3、(a)至(c)分別為 2008 年 4 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 4 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。

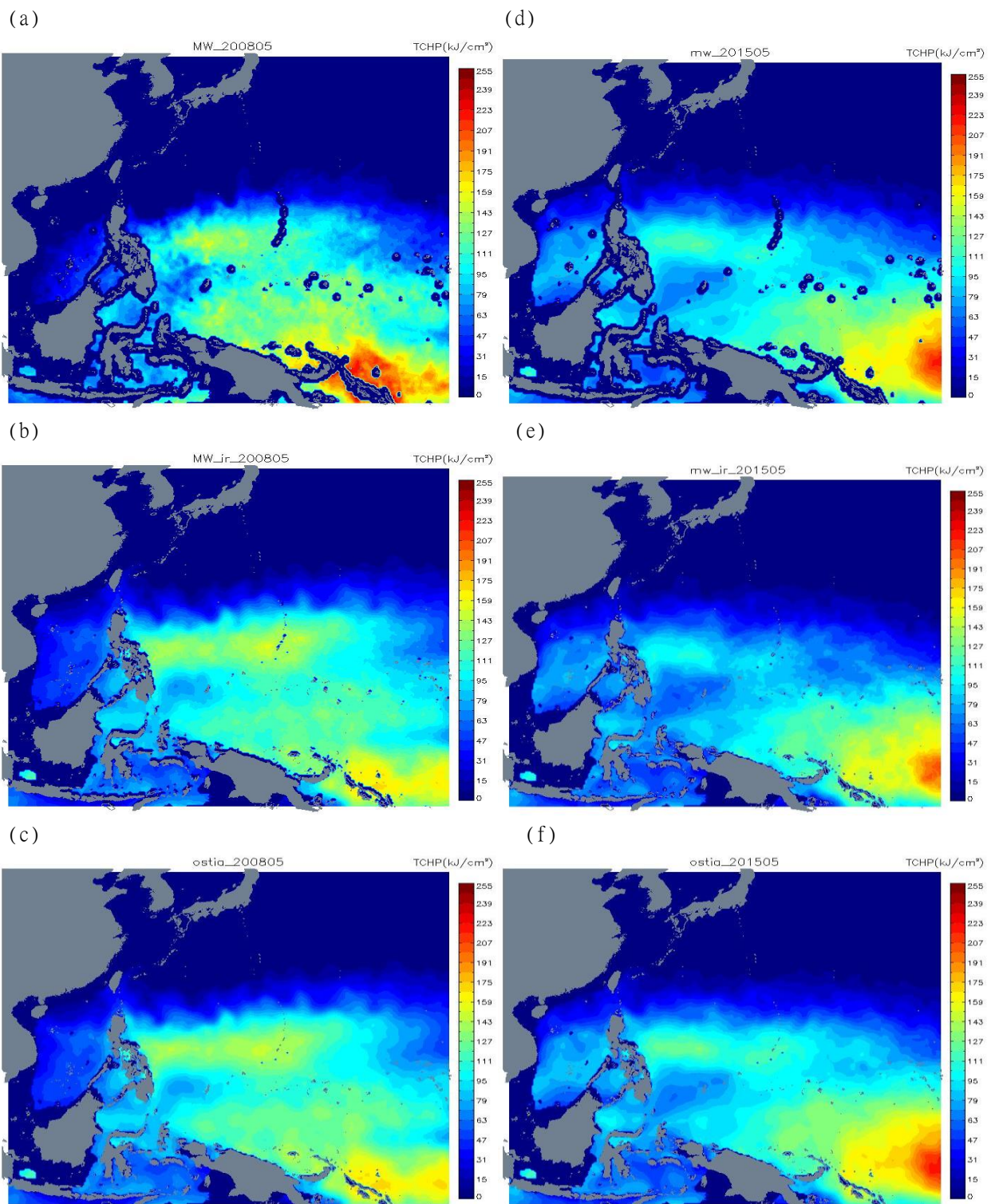


圖 4、(a)至(c)分別為 2008 年 5 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 5 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。

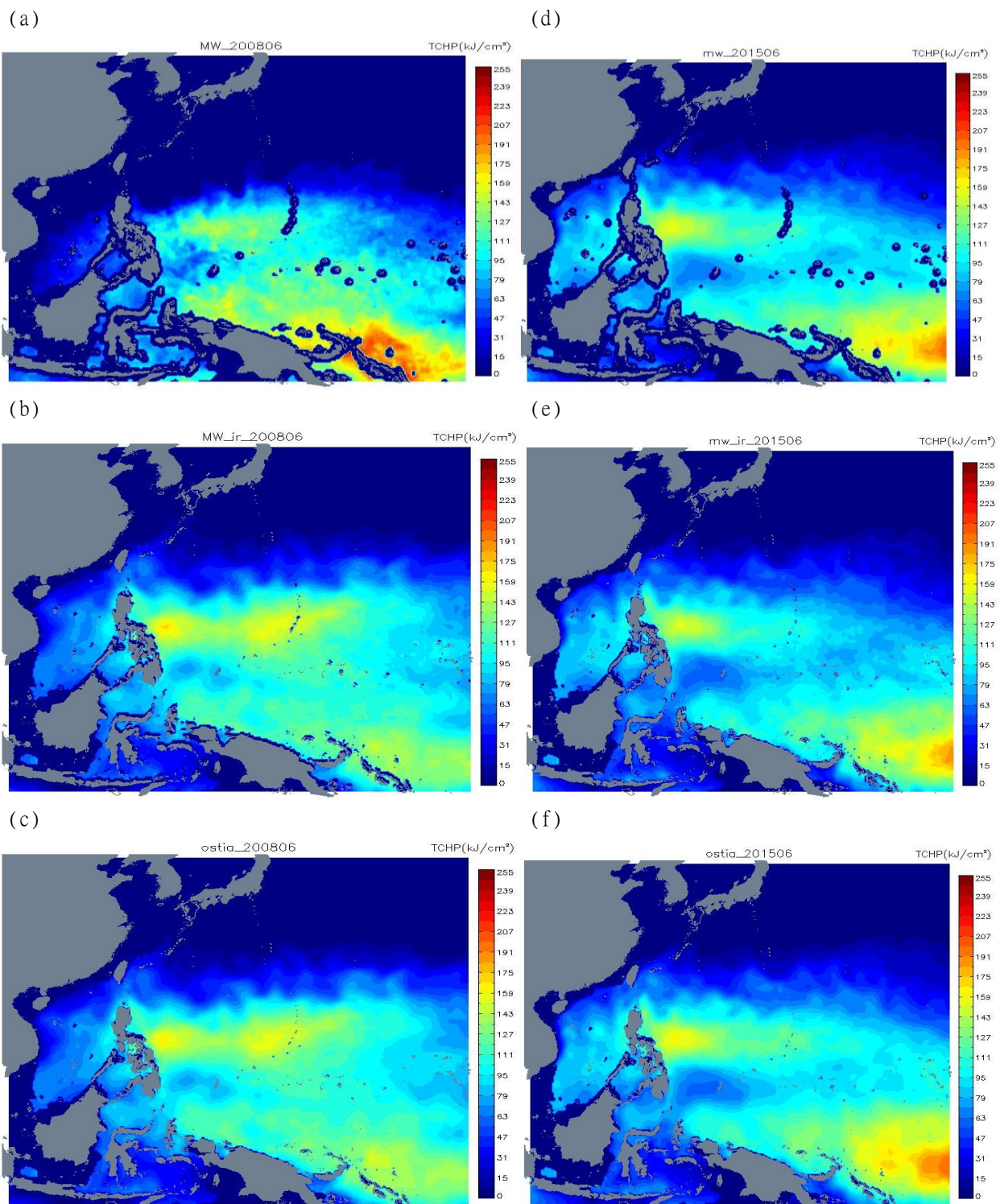


圖 5、(a)至(c)分別為 2008 年 6 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 6 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。

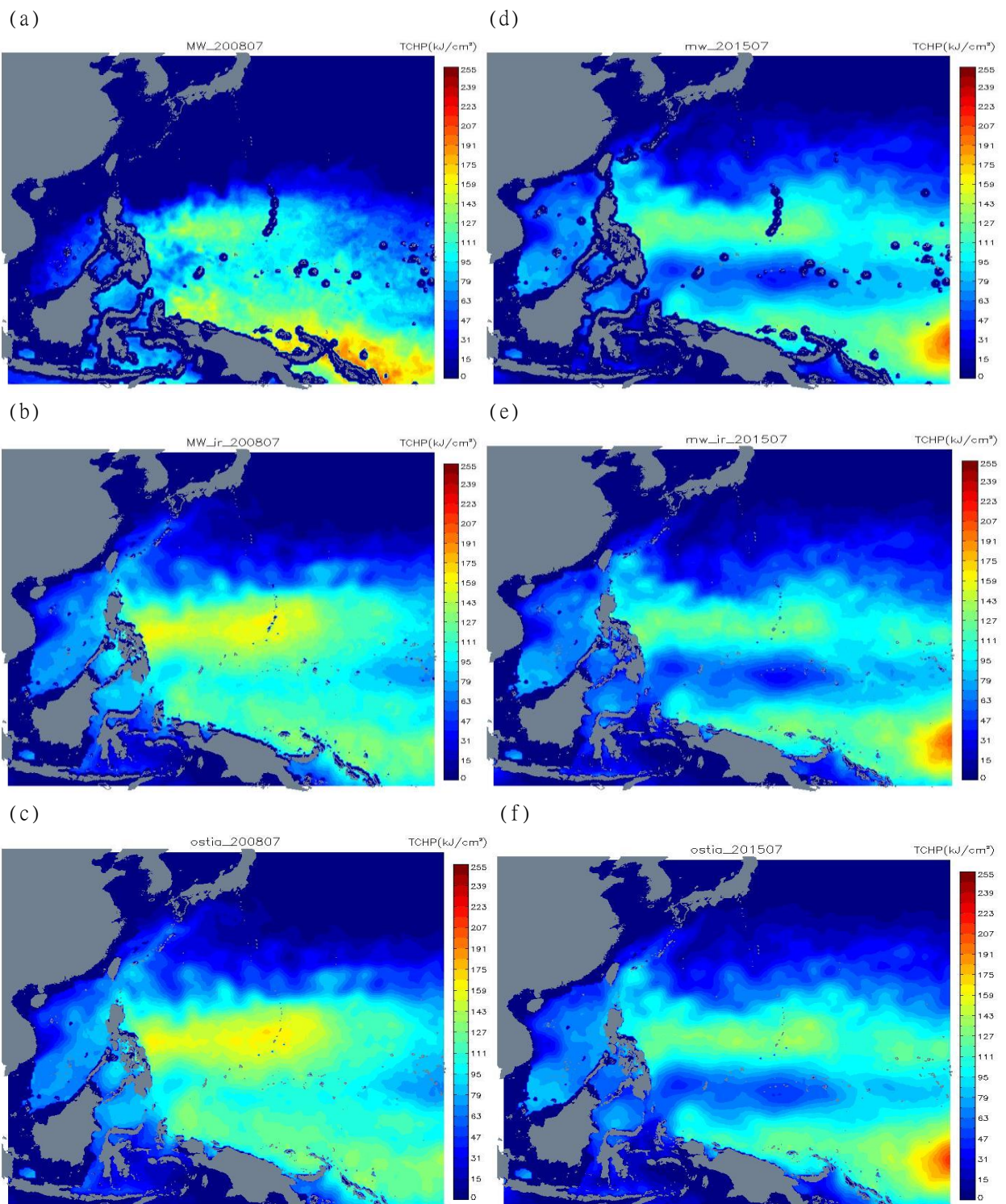


圖 6、(a)至(c)分別為 2008 年 7 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 7 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。

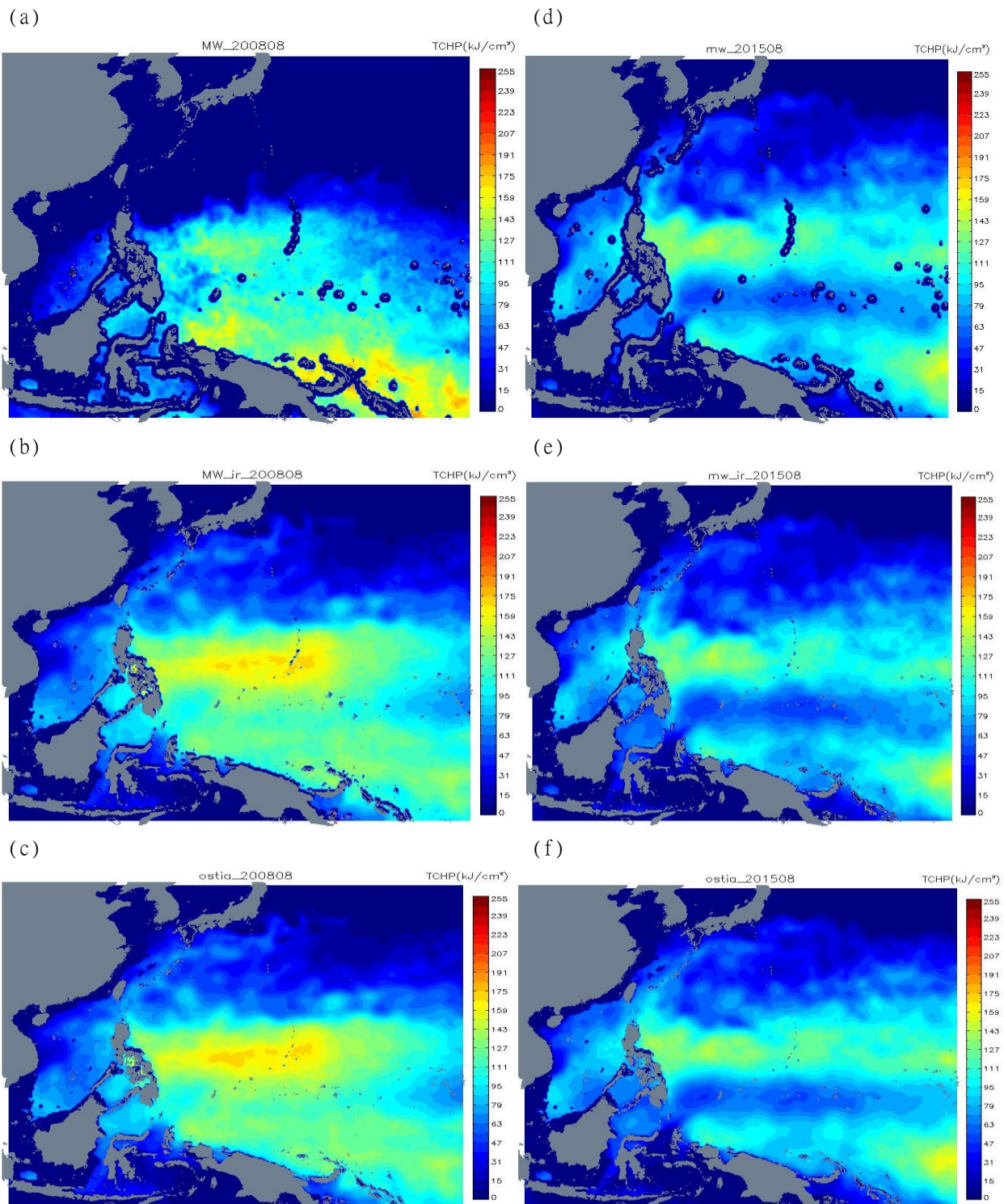


圖 7、(a)至(c)分別為 2008 年 8 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 8 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。

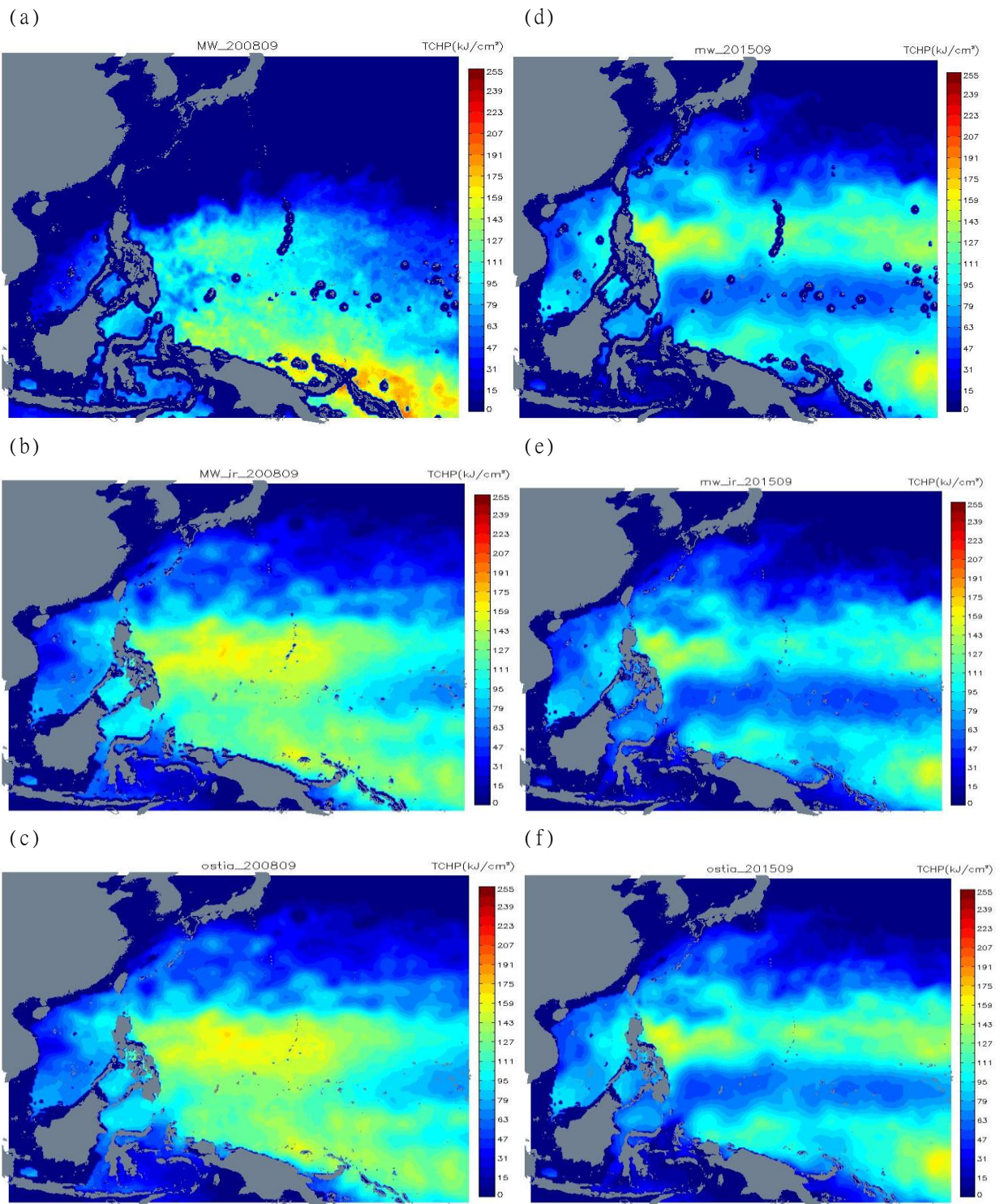


圖 8、(a)至(c)分別為 2008 年 9 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 9 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。

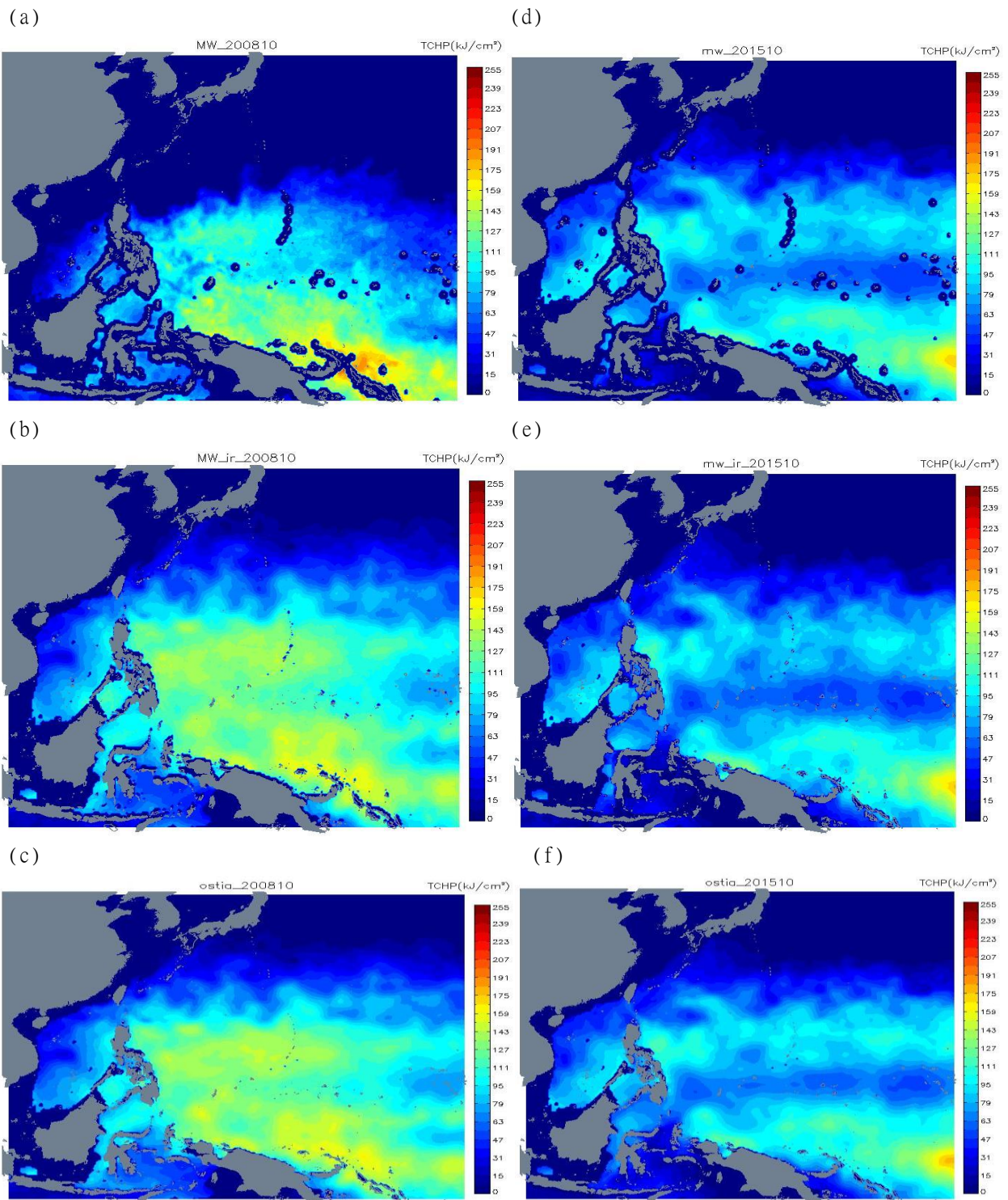


圖 9、(a)至(c)分別為 2008 年 10 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 10 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。

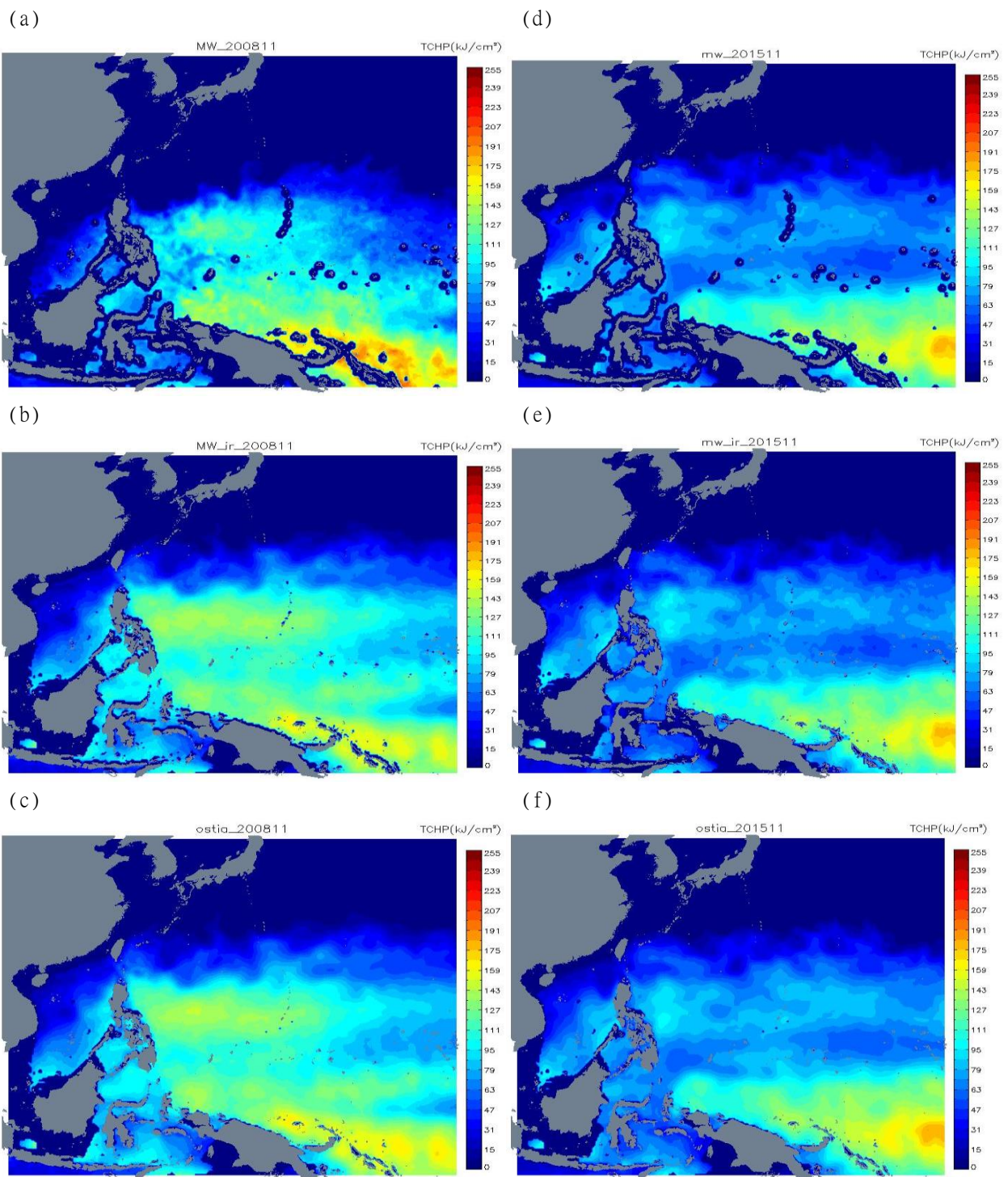


圖 10、(a)至(c)分別為 2008 年 11 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖，(d)至(f)分別為 2015 年 11 月 mw、mw_ir、ostia 海溫資料所估計 TCHP 分布圖。