

全球暖化下，臺灣只會越來越熱！

鄭兆尊、朱吟晨、童裕翔、陳永明

國家災害防救科技中心氣候變遷組

摘要

每逢盛夏時期，臺灣民眾對高溫與全球暖化議題的感受特別深刻，全球暖化加上都市熱島效應，讓臺灣大都市出現極端高溫的次數也愈加頻繁。本文探討臺北、臺中、高雄三大都會區的極端高溫變化，發現進入 21 世紀後，極端高溫日數較 20 世紀都有明顯增加。若未來發展依循聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）氣候變遷第五次評估報告（IPCC, 2014）中所假設的最嚴重暖化情境（RCP8.5），臺灣 21 世紀末的平均氣溫會增暖超過 3.2°C，三大都會區平均每年極端高溫出現的日數，以及連續高溫事件也將明顯增加。不論是過去或未來，臺北都會區仍會是氣象局發布高溫預警最頻繁的地區，進入 21 世紀後，超過 36°C 的頻率會逐漸增加，隨著極端高溫變成新常態，高溫連續超過 10 天在未來也將不再是罕見的事件。

一、 前言

近年全球平均氣溫屢創新高，每到夏季，高溫造成傷害的相關新聞亦時有所聞，包括人員熱衰竭送醫或死亡、用電量激增供電吃緊、農作物的損害等。今年（2018）至目前為止，已經有數個國家遭受熱浪侵襲，如 5 月巴基斯坦首都喀拉蚩的溫度經常飆破 40°C，5 月 30 日更出現 46°C 的高溫（AccuWeather）；緯度較高的日本在 7 月初經歷過洪災，之後盤據在上方的太平洋高壓帶來高溫炎熱的天氣，7 月 23 日埼玉縣熊谷市更出現 41.1°C 高溫（日本氣象廳），破了日本全境的觀測紀錄；8 月 1 日韓國洪川 40.7°C 的高溫也刷新了南韓全境的觀測紀錄；緯度更北邊的加拿大東岸在 7 月初發生熱浪事件，其中蒙特婁在 2 日的 36.6°C 實屬當地的罕見高溫現象（加拿大氣象局）。這些熱浪事件已經導致高於往常的熱衰竭傷亡的人數。

不僅是國外，今年 5 月臺灣也創下不少當月的高溫紀錄：中央氣象局的觀測資料顯示，臺北測站高溫超過 37°C 以上的天數有 4 天，超過 35°C 以上高溫天數有 13 天，雙雙打破臺北站高溫天數的歷史紀錄。根據氣象局公布的氣象觀測要素排序(2018)，16 日玉山 20.4°C；27 日臺北 38.2°C、板橋 37.2°C；28 日臺中 36.3°C、金門 33.7°C；29 日花蓮 34.3°C；30 日宜蘭 34.9°C、蘇澳 33.6°C、31 日彭佳嶼 32.6°C、

澎湖 34.6°C，這些都打破了歷年的 5 月份高溫紀錄。除了今年 5 月的高溫紀錄，臺北去年 8 月 5-20 日連續 16 天高溫超過 36°C，也改寫 2012 年 7 月 8-16 日連續 9 天的 120 年紀錄。

雖然局部地區高溫事件多半關係著當地特定天氣型態的出現，或是聖嬰/反聖嬰的自然變異，單一事件比較難判斷其與全球暖化之間的因果關係，但是近年極端高溫的頻繁出現與高溫紀錄屢創新高，卻又令人不禁將這些高溫事件與全球暖化聯想在一起。根據最新的 IPCC 第五次氣候變遷評估報告 (IPCC, 2014)，全球在過去 100 年來 (1901-2012) 平均溫度上升了 0.85°C，臺灣氣候變遷科學報告 (2017) 也發現在相近的時間區間 (1900-2012)，臺灣增加了約 1.3°C。不論是全球或臺灣的資料，都顯示 1980 年後的溫度上升更為顯著。至於未來暖化的程度，推估在 21 世紀末 (2081-2100) 最暖情境 RCP8.5 的設定下，全球氣溫平均可增暖約 3.7°C (IPCC, 2014)，臺灣地區可能增暖約 3.2°C (臺灣氣候變遷科學報告, 2017)。

全球暖化不僅造成平均溫度呈現上升趨勢，極端高溫事件的高溫幅度也隨之增強，過去幾年是自有儀器觀測以來平均氣溫最高的幾年，2016 年的 14.84°C 最熱、2015 年的 14.8°C 次之、第三為 2017 年的 14.74°C、第四是 2014 年的 14.64°C (NOAA, 2018)。Mann et

al. (2017) 研究 2014-2016 連續三年的高溫事件指出，若沒有人類活動導致的暖化，這類事件發生的機會是非常低的（小於 0.03%）；這連續三年的高溫紀錄在隔年便被 2015-2017 的三年平均溫度所取代。近年媒體與學界喜歡使用的名詞「新常態(New Normal)」，也就是指這類現在被視為極端的事件，在暖化的未來將不再罕見，而會常態性地發生。Lewis et al. (2017) 分析 IPCC 第五次評估報告的氣候推估資料，指出雖然 2015 年創下的全球年均溫 14.8°C 事件曾被視為罕見，預估到了 2020-2030 年間，這可能就會變成**新常態**事件了。事實上才過了一年，曾是歷史高溫的 2015 年 14.8°C，旋即被隔年的 14.84°C 改寫。

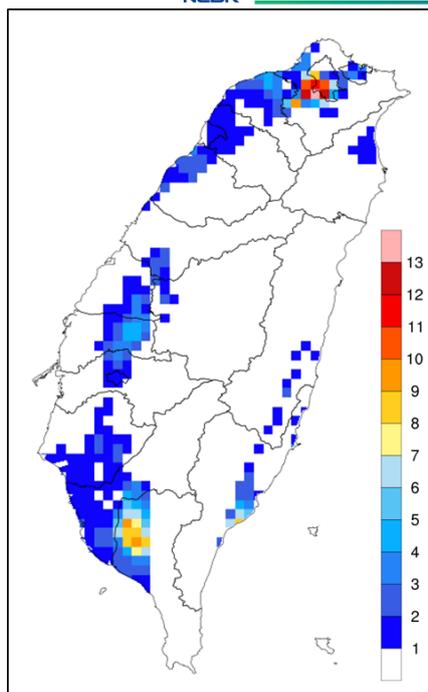
在全球暖化以及都市熱島效應的影響下，各大都市氣溫大多呈現上升的趨勢已是不爭的事實。臺北都會區受到較為封閉的盆地地形影響，使得夏季的高溫容易飆高而引起注意，但是臺灣其他地區的高溫仍同樣受全球暖化的影響，溫度有逐漸增高趨勢。本文分析人口較密集的臺北、臺中及高雄三個都會區的資料，檢視三大都會區極端高溫在過去與未來的變遷狀況。所採用的資料包括臺北、臺中及高雄三個氣象觀測站過去的歷史日最高溫觀測紀錄；未來推估資料是由科技部臺灣氣候變遷推估資訊平臺建置計畫 (TCCIP) 所產出的統計降尺度

網格日資料，採用 RCP8.5 暖化的情境設定，取最接近測站點網格的日最高溫資料，做了網格與站點資料差異調整，再由 33 個全球模式的降尺度資料算出的平均值，透過多模式資料的使用而得到較為穩定的推估結果。

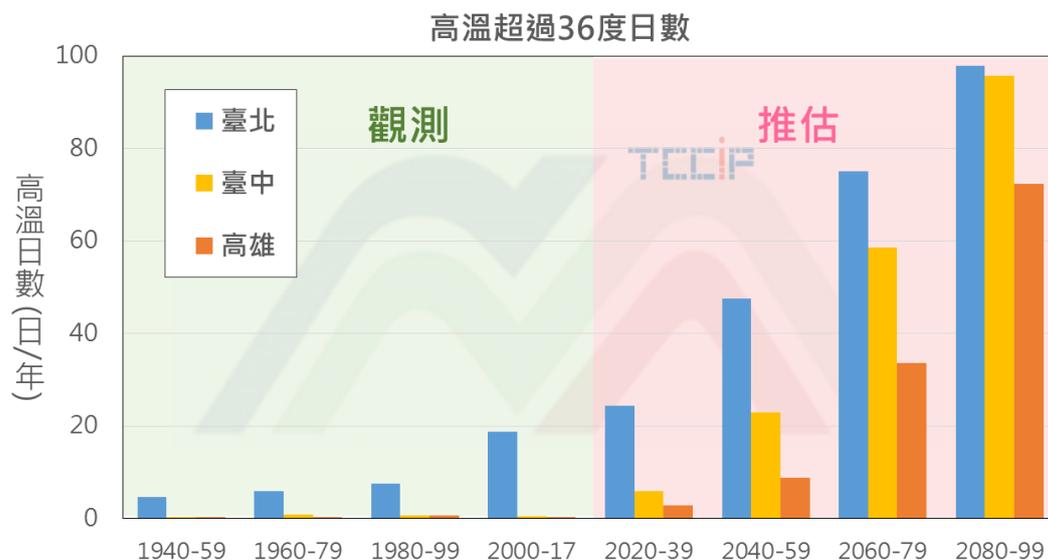
二、 臺灣三大都會區的極端高溫變遷趨勢分析

極端高溫日如何定義？一般來說，一是絕對極端高溫，例如中央氣象局從 2018 年開始正式發布高溫示警的標準— 36°C 與 38°C ，大於這些標準來定義極端高溫；另一則是相對極端高溫，例如臺灣地區氣候變遷科學報告（2011）所使用的方法，以每個測站本身歷史觀測紀錄的前 10% 當作門檻值，超過此門檻值則為相對極端高溫，因此每個測站會有自身的極端高溫門檻值。本文成果以前者「絕對極端高溫」，也就是 36°C 與 38°C 為分析門檻。以每 20 年為一段時期來分析臺北、臺中及高雄三個都會區的極端高溫日數，並呈現其變遷趨勢。

2000-2010 年間高溫日的空間分布情形（圖一）顯示，超過 36°C 的高溫日常見於臺北都會區、新竹、雲嘉內陸、屏東平地以及花東縱谷，大多是不靠海邊、海風調節不及之處，其中以臺北都會區以及屏東市附近的發生頻率最高。



圖一、2000 至 2010 年間，平均每年日最高溫超過 36°C 的日數 (單位：日/年)。



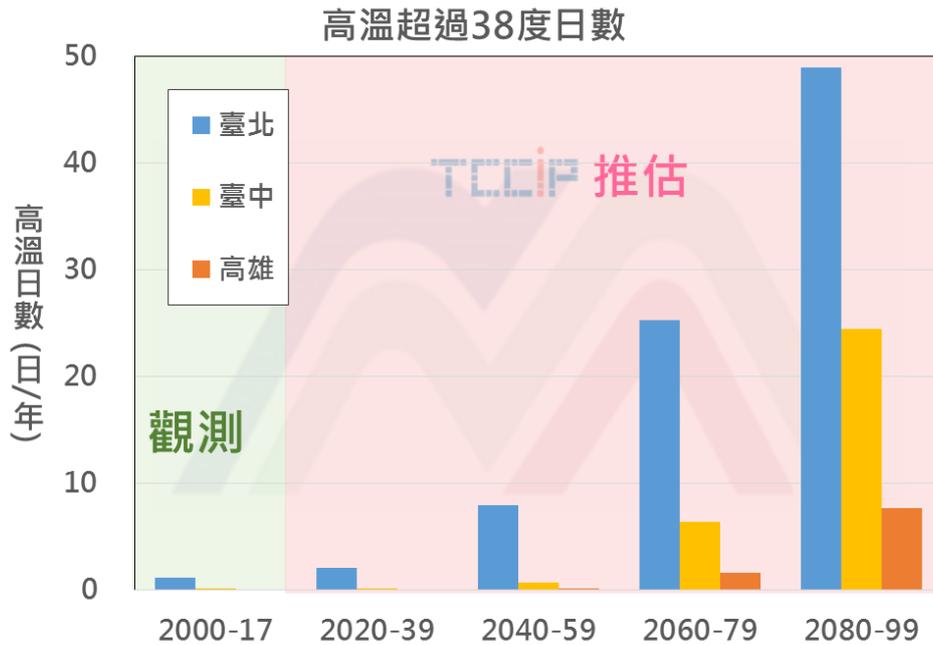
圖二、臺灣三大都會區過去 (1940-2017 年) 與未來 RCP8.5 暖化情境設定下，日最高溫高於 36°C 的日數。

臺灣三大都會區過去與未來各時期高溫超過 36°C 的日數統計顯示 (圖二)，不論是過去或未來，臺北仍會是氣象局發布高溫預警最

頻繁的地區。觀測資料顯示（圖二綠色底部分），臺北極端高溫日數在 20 世紀的的變化不顯著，然而進到 21 世紀後，極端高溫日數較 20 世紀的各時期都增加許多，平均每年將近有 20 天，此客觀數據證實近年感受到高溫事件的好發是確實存在，而非只是主觀的錯覺。

將時間再向後延伸，在未來推估（RCP8.5 暖化情境，圖二紅底部分）中，極端高溫日出現地更頻繁。臺北高溫日數會由 21 世紀初的每年約 20 日逐漸增加至 21 世紀中的每年近 50 日，到了 21 世紀末則增為每年近 100 日。雖然歷史觀測資料（2017 之前）顯示臺中與高雄日高溫超過 36°C 的頻率極低，但是隨著全球暖化，也無法獨善其身。在 20 世紀末，出現超過 36°C 的高溫多在 7-8 月的臺北出現，到了 21 世紀末，三個都會區在 4-10 月間都有機會出現超過 36°C 的高溫。預計 21 世紀末高溫預警發布的日數，臺中將會迎頭趕上臺北，也有近 100 天的高溫日，靠海的高雄也可能會有約 75 天的高溫日數。

在此亦檢視過去與未來三大都會區超過 38°C 的高溫頻率，在 20 世紀三大都會區超過 38°C 的日數不多，故圖三僅顯示 21 世紀的極端高溫頻率。可以看到，臺北仍是極端高溫頻率較高的地方，21 世紀中平均每年有 8 天、21 世紀末每年約有 49 天。到了 21 世紀末臺中每年約有 25 天、高雄約有 8 天的日子溫度會高過 38°C。



圖三、臺灣三大都會區過去（1940-2017年）與未來 RCP8.5 暖化情境設定下，日最高溫高於 38°C 的日數。

三、臺灣三大都會區的熱浪變遷趨勢分析

通常在定義熱浪事件時，其中一個標準是該事件的延時必須超過數天(各國標準不一)才能算是一個熱浪事件。由於中央氣象局並無一明確定義熱浪的標準，有鑑於此，本研究除了統計極端高溫日數，也計算發生連續極端高溫超過 36°C 事件的日數，代表熱浪變化趨勢。去年(2017)在臺北曾創下連續 16 天的日最高溫皆高於 36°C 的紀錄，期間臺灣上空太平洋高壓壟罩，午後熱對流發展較不活躍，一直到天鵝颱風接近才解除持續高溫狀況。

表二為高溫超過 36°C 的事件發生頻率，在 21 世紀末明顯增加。

如臺北在去年發生的連續 13 日超過 36°C 的高溫事件，在 21 世紀末的推估中，高溫連續超過 10 天的事件已不再罕見，在近未來（2020-2039），極可能每 2 年便發生 1 次、21 世紀中每年 1 次、21 世紀末每年 2 次。而連續 30 天超過 36°C 的事件在 21 世紀末也幾乎每年會出現 1 次。就高溫超過 36°C 的極端事件而言，未來高雄的發生頻率尚不及臺北，但是臺中與臺北就很接近了。

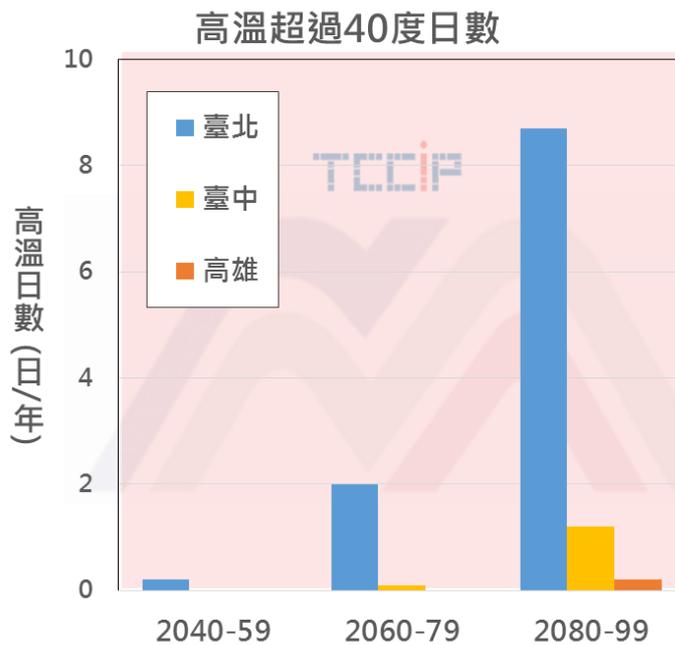
表二、三大都會區連續超過 36°C 日數的事件發生頻率。表格中的數字依序是代表臺北/臺中/高雄的結果（單位：事件數/年）。

高溫>36°C 連續日數	事件連續超過 3 日	事件連續超過 10 日	事件連續超過 30 日
觀測 2000-2017	1.83 / 0. / 0.	0.06 / 0. / 0.	0. / 0. / 0.
RCP8.5 2020-2039	2.77 / 0.68 / 0.33	0.51 / 0.08 / 0.03	0.04 / 0. / 0.
RCP8.5 2040-2059	4.59 / 2.54 / 1.09	1.27 / 0.50 / 0.13	0.20 / 0.05 / 0.
RCP8.5 2080-2099	6.26 / 6.87 / 6.08	2.38 / 2.43 / 1.92	0.78 / 0.69 / 0.37

四、刷新紀錄的極端高溫

今年 7、8 月在日本、南韓陸續出現了超過 40°C 的高溫歷史紀錄，令人不禁好奇在全球暖化下臺灣三大都會區何時會出現超過 40°C 的高溫。自 2017 年底之前的觀測紀錄顯示，三大都會區都未有超過 40°C

的紀錄，所測得最高溫紀錄分別是：臺北市在 2013 年 8 月 8 日的 39.3°C，當時太平洋高壓籠罩在臺灣上空，帶來穩定且炎熱的天氣；高雄在 2014 年 9 月 15 日出現的 37.6°C，應是受到海鷗颱風中心位於東沙島附近，受外圍偏東風過山沉降增溫的效應影響；台中市 2004 年 7 月 1 日出現的 39.9°C，當時敏督利颱風中心在臺東沿岸，臺灣中部受西北風過山引起的焚風影響。上述三項紀錄只有臺北市是屬於典型的夏季高溫，其他兩處則是受到空間尺度較小、較特殊的天氣系統（颱風）的影響。



圖四、臺灣三大都會區未來 RCP8.5 暖化情境設定下，日最高溫高於 40°C 的日數。

既然臺北、臺中的高溫紀錄已經離 40°C 不遠，加上全球暖化估計會增暖未來的溫度 2~4 度，三大都會未來應該都有機會出現超過 40°C 的高溫。圖四的推估資料顯示各地出現超過 40°C 的高溫日數，在 2040-2059 年間臺北市約平均每 5 年出現一天、2060-2079 年間臺北市平均每年大約有 2 天。到了 21 世紀末，臺北市大約每年有 9 天、臺中市約每年出現一天，這時連靠海的高雄市也淪陷了，平均約每 5 年出現一天。

五、 結論

人為活動導致的暖化既是全球性的，臺灣自然無法置身事外。受暖化影響，自 20 世紀跨入 21 世紀後，臺灣地區極端高溫日數也顯著增加，臺北都會區仍是極端高溫的好發地區。去年（2017）在臺北曾創下連續 16 天的日最高溫皆高於 36°C 的紀錄，期間臺灣上空太平洋高壓壟罩，午後熱對流發展較不活躍，一直到天鵝颱風接近才解除持續高溫狀況。對未來暖化的推估，以 IPCC 第五次評估報告的最嚴重暖化情境 RCP8.5 來看，臺灣在 21 世紀末平均氣溫會增暖超過 3.2°C，三大都會區平均每年極端高溫出現的日數將明顯增加，不論是過去或未來，臺北都會區仍會是氣象局發布高溫預警最頻繁的地區，最高溫甚至會超過 40°C。在 21 世紀初臺北超過 36°C 頻率每年約有 20 天，

受全球暖化的影響未來的發生頻率只會增加，極端高溫將成為夏季常發生的常態，高溫連續超過 10 天在未來也將不再是罕見的事件。

六、 參考文獻

周佳、李明安、許晃雄、洪志誠、盧孟明、陳正達等， 2017：臺灣氣候變遷科學報告 2017 第一冊 物理現象與機制。行政院科技部，554 頁。

TCCIP 網頁 <https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/index.aspx> 。

氣象局，2018：氣象觀測要素排序

https://www.cwb.gov.tw/V7/climate/climate_info/taiwan_climate/taiwan_4.html

日本氣象廳：<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

AccuWeather

:

<https://www.accuweather.com/en/pk/karachi/261158/month/261158?monyr=5/01/2018>

<https://www.accuweather.com/en/weather-news/south-korea-sets-all-time-record-high-temperature-amid-deadly-heat-wave/70005657>

Huang, W. R., Y. H. Chang, C. T. Cheng, H. H. Hsu, C. Y. Tu, and A. Kitoh, 2016: Summer convective afternoon rainfall simulation and projection using WRF driven by global climate model. Part I: Over Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **27**, 659-671, doi: 10.3319/TAO.2016.05.02.01

Government of Canada：https://weather.gc.ca/canada_e.html

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

- Lewis, S. C., A. D. King, and S. E. Perkins-Kirkpatrick, 2017: Defining a new normal for temperature extremes in a warming world. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **98**, 1139-1151, doi: 10.1175/BAMS-D-16-0183.1.
- Mann, M. E., S. K. Miller, S. Rahmstorf, B. A. Steinman, and M. Tingley (2017), Record temperature streak bears anthropogenic fingerprint, *Geophys. Res. Lett.*, **44**, 7936–7944, doi:10.1002/2017GL074056.
- NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2017, published online January 2018, retrieved on July 9, 2018 from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>.
- Tsou, C. H., P. Y. Huang, C. Y. Tu, C. T. Chen, T. P. Tzeng, and C. T. Cheng, 2016: Present simulation and future typhoon activity projection over western North Pacific and Taiwan/East Coast of China in 20-km HiRAM climate model. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **27**, 687-703, doi: 10.3319/TAO.2016.06.13.04