



暖化情境空品指標 資料生產履歷



2022 年 7 月 25 日

臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台

Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

暖化情境空品指標資料生產履歷

1. 資料紀錄

2022.02 (上架)

2. 產製目的

為評估氣候變遷對臺灣地區未來空氣品質的影響，本計畫以區域大氣及空氣品質模式為工具，設計數值實驗模擬不同氣候變遷（暖化）情境下臺灣地區的空氣品質，高解析度的資料可提供各相關單位後續推估探討暖化情境下空氣污染控制、交通規劃、農業與健康等議題的應用。

3. 資料來源

■ 模式資料

本資料的實驗設計如圖 1，使用美國大氣研究中心（National Center for Atmospheric Research, NCAR）發展的區域大氣模式 Weather Research and Forecasting, WRF (Skamarock, 2008) 進行三組氣象場模擬，其中控制組 (CTRL run) 以歐洲中期天氣預報中心 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) ERA5 重分析資料作為初始場條件，模擬 2011 年至 2015 年的臺灣地區氣象場，代表現在的氣候狀態。兩個實驗組 (PGW, Pseudo-Global Warming run) 則代表 2 種暖化情境，分別代表未來全球增溫 2°C (PGW_2C) 和 4°C (PGW_4C)。WRF 模擬區域包括東亞地區，由外而內的兩層巢狀網格解析度為 10 公里與 2 公里，垂直層 37 層，如圖 2 所示。

WRF 模式的物理參數化相關設定方面，雲微物理方法是 Goddard GCE scheme (Tao et al., 1989) 以及積雲參數化使用 Kain-Fritsch scheme (僅用於外巢設定) (Kain, 2004)，長波輻射和短波輻射參數化使用 RRTMG scheme (Iacono et al., 2008)，地面層參數化使用 Noah scheme (Mukul Tewari et al., 2004)，邊界層參數化使用韓國延世大學 (Yonsei University) 的 YSU scheme (Hong et al., 2006)。

三組模擬的差別在初始及邊界條件，CTRL run 以 ERA5 重分析資料作為初始場條件，PGW_2C 及 PGW_4C 使用的初始及邊界條件，則是以 ERA5 重分析資料為基礎，再加上由 CMIP5 計畫各模擬得到『未來增溫 2°C 和 4°C』情境下的氣象參數 (包括溫度、風、水汽等) 所計算出的系集平均。計算系集平均的方法主要參考 Allen et al. (2019)，取出每個模擬全球平均地表氣溫比工業化前 (1850-1900 年) 增溫 2°C (4°C) 的前後 30 年平均，每個模擬分別具有各自的 30 年平均變暖情形，再求出所有模擬的系集平均，各情境所採用模式清單如附表 1，(情境設定說明可參考王與童 (2021))。

將 WRF 所模擬的氣象場資料，經過前處理萃取出空氣品質模式需要的氣象資料（包括逐時風場、邊界層高度、雲量等），搭配 2010 年東亞及臺灣地區排放推估資料¹，驅動美國環保署發展的第三代空氣品質模式 Community Multiscale Air Quality Mode (CMAQ) 4.7 版 (Byun and Schere, 2006) 進行污染物濃度模擬，用以評估氣候變遷對臺灣地區空氣品質的未來變化趨勢。在此採用內巢 2 公里解析度的污染物數據進行分析，水平網格數設定為 144x224，垂直層 37 層。

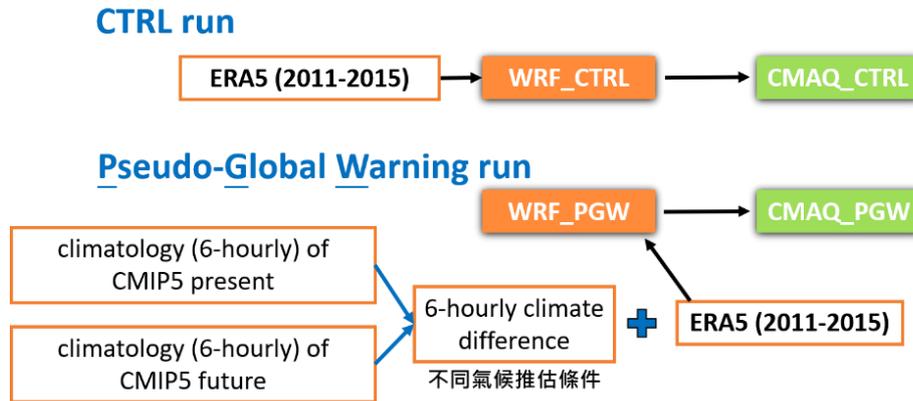


圖 1 本資料模式的流程示意圖。進行控制組 (CTRL run) 及實驗組 (PGW run)，分別以 WRF 及 CMAQ 模擬現在及未來氣候狀態的空氣品質。橘色框為 WRF 初始及邊界條件，CTRL run 使用 ECMWF ERA5 資料，PGW run 則考慮未來氣候變化差異（即未來全球增溫 2°C 和 4°C 情境）。

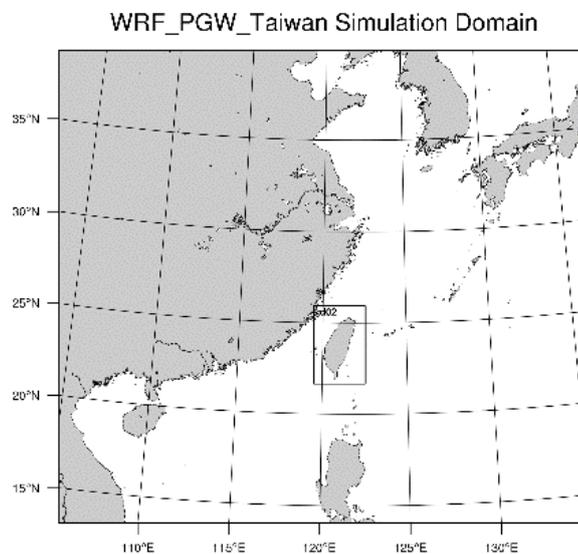


圖 2 模式網格範圍示意圖。

¹：臺灣行政院環保署為改善空氣品質及調查全臺空氣污染物排放量，自 1992 年起建立空氣污染排放總量資料庫清冊系統 (Taiwan Emission Data System, TEDS)，即為我國國家空氣污染物排放清冊。TEDS 範疇涵蓋臺灣地區及各行業排放量之推估，包括固定污染源及移動污染源。(擷取自行政院環保署網站)

4. 產製流程

■ 臺灣地區未來空品推估資料產製:

步驟一、2KM網格的日AQI計算

由於臺灣地區主要以臭氧(O₃)和細懸浮微粒(PM_{2.5})造成的高污染個案為主，資料產製以這兩項污染物分析為主。將近地表O₃和PM_{2.5}的小時濃度模擬資料，透過行政院環保署提供的”日空氣品質指標(日AQI)“(附表2)進行當日的空品指標計算，得到當日的副指標污染物日AQI(AQI_O₃和AQI_PM_{2.5})與指標污染物日AQI(即AQI_O₃和AQI_PM_{2.5}兩者之間取最大值表示，AQI_max)數據。

相較於環保署定義AQI_O₃，模式計算略有修改的兩點：AQI_O₃計算是以臭氧8小時平均值與當日小時最大值，兩項AQI取最大值當作臭氧的日AQI。由於模式資料為世界時間，即臺灣時間早上8點至翌日7點計算一天，故”臭氧8小時平均值”含跨天計算(第一點)，並取當日最大的8小時平均值代表。第二點是臭氧小時平均值計算時，臭氧濃度0~0.124ppm與AQI=0~100之間為線性相關。

步驟二、空氣品質地區日AQI

參考環保署網站的全國各空品區空氣品質指標(AQI)預報之區域劃分，將空品模式2KM網格數據利用雙線性內插方法內插至測站位置，計算空品區內的測站日AQI平均值作為空品區的日AQI。空品模式計算空品區數據的測站資訊如附表3。

5. 資料不確定性

本資料不確定性分析可參考[臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台電子報第49期](#)(模式結果誤差來源)。

6. 參考文獻

網站:

行政院環境保護署日空氣品質指標(日AQI)定義:

<https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Information/Standard/AirQualityIndicator.aspx>

行政院環境保護署>全國各空品區空氣品質指標(AQI)預報:

https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Forecast/Forecast_3days.aspx

文章:

Allen, M., P. Antwi-Agyei, F. Aragon-Durand, M. Babiker, P. Bertoldi, M. Bind, S. Brown, M. Buckeridge, I. Camilloni, and A. Cartwright, 2019: Technical Summary: Global warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the

global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

Byun, D., and K. L. Schere, 2006: Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) modeling system, *App. Mech. Rev.*, 59 (2), 51-77. doi:10.1115/1.2128636.

Hong, S.-Y., Y. Noh, and J. Dudhia, 2006: A New Vertical Diffusion Package with an Explicit Treatment of Entrainment Processes, *Monthly Weather Review*, 134(9), 2318-2341, doi:10.1175/mwr3199.1.

Iacono, M. J., J. S. Delamere, E. J. Mlawer, M. W. Shephard, S. A. Clough, and W. D. Collins, 2008: Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D13), doi:<https://doi.org/10.1029/2008JD009944>.

Kain, J. S., 2004: The Kain–Fritsch Convective Parameterization: An Update, *Journal of Applied Meteorology*, 43(1), 170-181, doi:10.1175/1520-0450(2004)043<0170:Tkcpau>2.0.Co;2.

Mukul Tewari, N., M. Tewari, F. Chen, W. Wang, J. Dudhia, M. LeMone, K. Mitchell, M. Ek, G. Gayno, and J. Wegiel, 2004: Implementation and verification of the unified NOAA land surface model in the WRF model (Formerly Paper Number 17.5), paper presented at 20th conference on weather analysis and forecasting/16th conference on numerical weather prediction.

Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang and J. G. Powers, 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR, doi:10.5065/D68S4MVH.

Tao, W.-K., J. Simpson, and M. McCumber, 1989: An ice-water saturation adjustment, *Monthly Weather Review*, 117(1), 231-235.

王俊寓，童裕翔，2021: 新暖化情境：全球增溫 1.5°C 與 2°C 情境設定，臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台電子報，第 47 期。
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_newsletter_one.aspx?nid=20210331115732

7. 發表文章

蔡宜君、謝佩蓉、李貞穎、許晃雄 (2019)，臺灣空氣品質變化與氣候變遷，臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台電子報，第 34 期。
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_newsletter_one.aspx?nid=20191202172107

蔡宜君、謝佩蓉、李貞穎、鄭兆尊、許晃雄 (2021)，臺灣空氣品質與氣候變遷 (II) - 氣象與空氣品質模擬結果驗證，臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台電子報，第 49 期。
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_newsletter_one.aspx?nid=20210616231130

8. 文件引用

蔡宜君，謝佩蓉（民 111 年 1 月 19 日）。暖化情境空品指標資料生產履歷(1.0 版)。[擷取日期]，取自臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台：
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/upload/data_profile/20220121095222.pdf

附表 1 模式系集成員列表

本實驗採用的 CMIP5 未來全球增溫(a)2°C 情境和(b)4°C 情境的模式系集成員列表

(a) CMIP5_PGW_2C 模式系集成員列表					(b) CMIP5_PGW_4C 模式系集成員列表		
CMIP5_models	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5	CMIP5_models	RCP6.0	RCP8.5
ACCESS1-0		v		v	ACCESS1-0		v
ACCESS1-3		v		v	ACCESS1-3		v
bcc-csm1-1		v	v	v	bcc-csm1-1		v
bcc-csm1-1-m		v	v	v	BNU-ESM		v
BNU-ESM		v		v	CanESM2		v
CanESM2	v	v		v	CCSM4	v	v
CCSM4		v	v	v	CESM1-CAM5	v	v
CESM1-BGC		v		v	CMCC-CESM		v
CESM1-CAM5	v	v	v	v	CMCC-CM		v
CMCC-CESM				v	CMCC-CMS		v
CMCC-CM		v		v	CNRM-CM5		v
CMCC-CMS		v		v	FGOALS-s2		v
CNRM-CM5		v		v	GFDL-CM3		v
FGOALS-g2		v		v	GISS-E2-H		v
FGOALS-s2		v		v	HadGEM2-AO		v
FIO-ESM			v	v	HadGEM2-CC		v
GFDL-CM3	v	v	v	v	HadGEM2-ES		v
GFDL-ESM2G			v	v	IPSL-CM5A-LR		v
GFDL-ESM2M			v	v	IPSL-CM5A-MR		v
GISS-E2-H		v	v	v	MPI-ESM-LR		v
GISS-E2-H-CC				v			
GISS-E2-R-CC				v			
HadGEM2-AO		v	v	v			
HadGEM2-CC		v		v			
HadGEM2-ES	v	v	v	v			
inmcm4				v			
IPSL-CM5A-LR		v	v	v			
IPSL-CM5A-MR		v	v	v			
IPSL-CM5B-LR		v		v			
MIROC5		v	v	v			
MPI-ESM-LR		v		v			
MPI-ESM-MR		v		v			
MRI-CGCM3		v	v	v			
NorESM1-M		v	v	v			
NorESM1-ME		v	v	v			
total	4	28	17	35	total	2	20

附表 2 空氣品質指標定義

擷取行政院環境保護署臭氧 (O₃) 和細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 的日空氣品質指標 (日 AQI) 定義

空氣品質指標(AQI)			
AQI 指標	O ₃ (ppm) 8 小時平均值	O ₃ (ppm) 小時平均值 ⁽¹⁾	PM _{2.5} (µg/m ³) 24 小時平均值
良好 0~50	0.000 - 0.054	-	0.0 - 15.4
普通 51~100	0.055 - 0.070	-	15.5 - 35.4
對敏感族群不健康 101~150	0.071 - 0.085	0.125 - 0.164	35.5 - 54.4
對所有族群不健康 151~200	0.086 - 0.105	0.165 - 0.204	54.5 - 150.4
非常不健康 201~300	0.106 - 0.200	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4
危害 301~400	(2)	0.405 - 0.504	250.5 - 350.4
危害 401~500	(2)	0.505 - 0.604	350.5 - 500.4

1. 一般以臭氧(O₃) 8小時值計算各地區之空氣品質指標(AQI)，但部分地區以臭氧(O₃) 小時值計算空氣品質指標(AQI)是更具有預警性，在此情況下，臭氧(O₃) 8小時與臭氧(O₃) 1小時之空氣品質指標(AQI)則皆計算之，取兩者之最大值作為空氣品質指標(AQI)。
2. 空氣品質指標(AQI) 301以上之指標值，是以臭氧(O₃) 小時值計算之，不以臭氧(O₃) 8小時值計算之。

9. 附表 3 環保署測站資訊列表

模式計算空品區 AQI 所採用的環保署測站資訊列表

環保署測站	經度(TWD97Lon)	緯度(TWD97Lat)	空品區	環保署測站	經度(TWD97Lon)	緯度(TWD97Lat)	空品區
基隆	121.76005	25.12916	北部空品區	線西	120.46906	24.13167	中部空品區
萬里	121.68988	25.17966	北部空品區	彰化	120.54151	24.06600	中部空品區
淡水	121.44923	25.16450	北部空品區	二林	120.40965	23.92517	中部空品區
林口	121.36570	25.07857	北部空品區	埔里	120.96790	23.96884	中部空品區
三重	121.49380	25.07261	北部空品區	南投	120.68530	23.91300	中部空品區
菜寮	121.48102	25.06895	北部空品區	竹山	120.67730	23.75638	中部空品區
汐止	121.64080	25.06566	北部空品區	臺西	120.20284	23.71753	雲嘉南空品區
新莊	121.43250	25.03797	北部空品區	斗六	120.54499	23.71185	雲嘉南空品區
永和	121.51630	25.01700	北部空品區	新港	120.34553	23.55483	雲嘉南空品區
板橋	121.45866	25.01297	北部空品區	朴子	120.24735	23.46530	雲嘉南空品區
土城	121.45186	24.98252	北部空品區	嘉義	120.44083	23.46277	雲嘉南空品區
新店	121.53777	24.97722	北部空品區	新營	120.31725	23.30563	雲嘉南空品區
陽明	121.52958	25.18272	北部空品區	善化	120.29714	23.11509	雲嘉南空品區
士林	121.51450	25.10591	北部空品區	安南	120.21833	23.04833	雲嘉南空品區
中山	121.52652	25.06236	北部空品區	臺南	120.20261	22.98458	雲嘉南空品區
松山	121.57861	25.05000	北部空品區	美濃	120.53054	22.88358	高屏空品區
萬華	121.50797	25.04650	北部空品區	橋頭	120.30568	22.75750	高屏空品區
古亭	121.52955	25.02060	北部空品區	楠梓	120.32828	22.73366	高屏空品區
大園	121.20181	25.06034	北部空品區	仁武	120.33263	22.68905	高屏空品區
觀音	121.08276	25.03550	北部空品區	左營	120.29291	22.67486	高屏空品區
桃園	121.30441	24.99566	北部空品區	前金	120.28808	22.63256	高屏空品區
平鎮	121.20498	24.95420	北部空品區	鳳山	120.35808	22.62739	高屏空品區
中壢	121.22166	24.95327	北部空品區	復興	120.31201	22.60871	高屏空品區
龍潭	121.21635	24.86386	北部空品區	前鎮	120.30756	22.60538	高屏空品區
湖口	121.03865	24.90014	竹苗空品區	小港	120.33773	22.56583	高屏空品區
竹東	121.08890	24.74064	竹苗空品區	大寮	120.42531	22.56413	高屏空品區
新竹	120.97207	24.80561	竹苗空品區	林園	120.41175	22.47950	高屏空品區
頭份	120.89857	24.69696	竹苗空品區	屏東	120.48803	22.67308	高屏空品區
苗栗	120.82020	24.56526	竹苗空品區	潮州	120.56117	22.52310	高屏空品區
三義	120.75883	24.38294	竹苗空品區	恆春	120.78892	21.95806	高屏空品區
豐原	120.74171	24.25658	中部空品區	宜蘭	121.74639	24.74791	宜蘭空品區
沙鹿	120.56879	24.22562	中部空品區	冬山	121.79292	24.63220	宜蘭空品區
西屯	120.61691	24.16219	中部空品區	花蓮	121.59976	23.97130	花東空品區
忠明	120.64109	24.15195	中部空品區	關山	121.16193	23.04508	花東空品區
大里	120.67768	24.09961	中部空品區	臺東	121.15045	22.75535	花東空品區