

# 盛暑天·走跳社區 近在眼前的熱危害及PM2.5

說起空氣污染，一般人腦中浮現的景象，大多是工業區正排放著黑煙的高聳煙囪，或是大馬路上一輛接著一輛的汽、機車。這些因素的確影響著我們的空氣品質，然而，真正對你的身體健康造成更直接威脅的，卻可能是更貼近我們生活的環境因子。中央研究院環境變遷研究中心研究員龍世俊，就是從個人、社區的角度出發，來研究空氣污染，找尋對健康造成影響的主要因子。儘管環保署每天都調查、控管全臺灣各縣市區域的空氣品質，但個人卻可能因自身附近社區中存在空氣污染源，例如宮廟的燒香、二手菸、燒烤店的油煙等，而處於PM2.5濃度比環保署監測站濃度高出許多的環境中。這些近在眼前直接暴露的高濃度PM2.5，易誘發急性呼吸道疾病，長久下來亦可能致癌。

## 拜香者的暴險

龍世俊的團隊是最早有系統的研究「燒香」行為對民眾PM2.5暴險濃度造成增量影響的研究團隊。臺灣平均每個村里有超過2.5座宮廟，每年燃燒數千公噸的拜香及數萬公噸的紙錢，而大部分宮廟建築室內的通風條件並不佳，香客又是近距離的接觸拜香及香爐，甚至有許多民眾會在自家早晚拜香祭祖或祭神。研究發現，拜香的煙霧包含PM2.5，並且含有致癌性有害物質。

研究團隊規劃不同採樣觀測策略，走訪各地宮廟，也跟隨大甲進香活動實地採樣分析，發現香客在宮廟內拜香時，鼻子前的微粒濃度（稱為個人微粒暴險濃度）比宮廟外高出4~6倍，一般民眾居家拜香時，在門窗緊

閉的房間內焚香比在開窗通風房間內焚香的微粒暴險濃度高出7~10倍。龍世俊特別強調，這項研究並不是要反對民眾從事宗教活動，而是希望民眾了解其中可能的影響，可以利用開窗、減少香枝數量或是避開宮廟人潮擁擠的時間點等方式，來降低燒香造成的健康風險。






## 熱危害脆弱度

近年氣候變遷議題發燒，氣候變遷使得熱浪來襲的頻率增高。熱天時，高溫可能造成空氣污染物揮發增加、光化學反應加速，使得濃度增加。因此，民眾可能同時受到空氣污染及熱危害雙重衝擊。龍世俊認為**我們應該注意另一項攸關健康的環境因子：熱危害**。溫度影響的不只是我們主觀感受上的舒適度，處於過熱環境將會造成中暑、熱衰竭及熱痙攣等傷害。熱危害指數是目前最能呈現熱對人體健康影響的指標，它是綜合考量了溫度、相對濕度、太陽輻射、風速等，以下方的測量公式而得：

$$\text{熱危害指數} = 0.7 \times \text{濕球溫度} + 0.2 \times \text{黑球溫度} + 0.1 \times \text{氣溫}$$

龍世俊與輔仁大學唐進勝教授合作研究指出，熱危害指數上升會使得人的心跳速率變異性降低，也就是心臟的自主神經系統受到干擾，引起調節功能的平衡失調，會增加心血管疾

### 熱危害指數分類

分類	熱危害指數	旗幟顏色
1	≤ 26.6	白色 
2	26.7~29.3	綠色 
3	29.4~31.0	黃色 
4	31.1~32.1	紅色 
5	≥ 32.2	黑色 

## 龍世俊

中央研究院環境變遷研究中心研究員  
臺灣大學理學院大氣科學系合聘教授



## 【名詞解釋】

## 懸浮微粒

PM 是懸浮微粒的簡稱，我們常聽見的 PM2.5，指的是粒徑小於 2.5 微米的細懸浮微粒。大家之所以這麼關心 PM2.5 濃度，是因為這麼小的微粒一旦被人的鼻子吸入，能夠一路穿過鼻腔、上呼吸道，直接進入肺部，而其中的重金屬或致癌有機化合物就可能對健康造成損害。除了 PM2.5，環保署也規範 PM10 的濃度，PM10 會進入上呼吸道，引發咽喉分泌黏液，最後變成痰。PM10 也會影響空氣的混濁程度與能見度。至於粒徑大於 10 微米的微粒，因為會被人體的鼻毛過濾，因此對健康影響較小。



↑燒香拜拜處的細懸浮微粒濃度明顯高於他處。

病的發病率。另有研究指出，臺灣地區的全死因死亡率在熱危害指數 35 以上明顯增加，總就診率在 33 以上也明顯增加。

而龍世俊針對每個社區或社群，考量其組成人口面對熱危害時的暴露量、敏感性、因應能力，來評估「熱危害脆弱度」。例如工人可能在室外的暴露時間較久（暴露量），也不見得有冷氣房可以躲（因應能力），而老人小孩或本身有心血管、呼吸道疾病者，則較容易因熱危害而產生身體不適的狀況（敏感性）。脆弱度評估可用來發掘較易受傷害的社區，以做為衛福單位優先協助的重點。

研究團隊實地走訪社區，在社區的地面層以及約三、四層樓高的高度層，都用儀器測量其熱危害指數及空氣污染物濃度。傳統上用來測量熱危害指數的綜合溫度熱指數測定計有不防水、不耐熱等缺點，因此研究團隊改使用可同時測量溫度、濕度、輻射和風速的氣象監測儀，並且發現換算出的熱危害指數相當準確。使用這類氣象監測儀的好處在於，可使用氣象局各地測站資料大規模的取得更多地方的熱危害指數，提醒民眾注意。另一方面，他們同時也發現，利用模式預測出的熱危害指數，也相當接近觀測值，這意味著氣象局可以進行「熱危害預警」，提醒民眾及早注意。

## ☀ 近在眼前的熱危害

2013 年，龍世俊團隊與中研院調查研究中心兩位社會學家廖培珊及杜素豪研究員合作，面訪全臺灣 25 個村里的 510 位民眾，是第一個結合環境與社會科學研究的調查。他們讓訪員在受訪者家戶內外測量其溫、濕度及照度，換算出熱危害指數。統計結果發現，有 5% 的受訪者室內客廳的熱危害指數達到 31 以上的紅旗警戒範圍及 32.2 以上的黑旗嚴重警戒範圍，紅旗家戶的平均溫度為 36.1°C，黑旗的更高達 41.1°C。

綜合探討熱危害指數已達警戒範圍的這 26 位民眾特性，發現在訪員到訪時，即便時值盛夏的白天，附近

氣象測站的溫度都在 29°C 以上，也沒有人開冷氣，甚至有 2 人家中是完全沒有冷氣設備。而詢問他們的溫度感受時，只有 5 人覺得很熱，12 人覺得有點熱，有 9 人覺得當時的溫度剛好。龍世俊說：「這樣的情況很常見於家中只有老人或家庭主婦的情況，他們可能捨不得開冷氣，卻不自覺的深陷於熱危害的風險，就像溫水煮青蛙一樣。」在黑旗範圍內的 16 人中，甚至有 7 人是超過 65 歲的老年人，是身體調節反應相對較弱的族群，熱危害脆弱度也比較高。在這 26 位民眾中，有一半的人居住於宜花東地區，經濟環境也可能造成他們相對節省，不願意開冷氣的狀況。

接著，研究團隊針對其中的 62 位受訪者，進行進一步的研究，除了熱危害指數的測定外，也加入測量這些受訪者家戶內外的細懸浮微粒濃度。他們參考節氣時間，選擇於大暑（國曆 7 月 22 日前後）到白露（國曆 9 月 8 日前後）之間的炎熱季節進行拜訪。他們先以問卷調查受訪者的個人社會經濟資料、空調及居住環境，並在受訪者家戶外、室內客廳、臥室等處進行溫、濕度、一氧化碳、細懸浮微粒污染物的測量。值得一提的

是，若受訪者家中有拜香或廚房，也會針對這些易產生污染物的地方做檢測。

綜合統計結果發現，62位受訪者中僅13位有使用冷氣，其餘皆以開窗來調節室內通風。但不論有無使用冷氣，室內外的平均溫度平均在32.3

及32.4°C，幾乎沒有差別。原來大部分受訪者都是在研究人員來訪前（有客人）才開冷氣，以致室內溫度仍相當高。開窗者的室內溫度最高溫甚至高達40°C。龍世俊說：「其實在我們走訪社區的過程中，不只一次在家戶內測到40°C以上的高溫。一開始我以為是儀器有問題，但後來都確認這是家戶真實的溫度。」這也顯示熱危害近在眼前而民眾並不自知，若能「熱危害預警」提醒民眾注意，可降低熱危害造成之健康風險。

而在細懸浮微粒濃度的檢測結果中，室內客廳、臥室及廚房的平均濃度都顯著高於室外40~70%，即使廚房的使用者都有開抽油煙機，顯然廚房的烹調仍舊是室內的污染源之一。更顯著的是，室內神明廳或拜香處的細懸浮微粒濃度平均高出室外400%。室內的細懸浮微粒濃度在不同房間的變異度相當大，也顯示了實際測量個人暴險濃度的重要性。了解室內污染來源，可讓民眾有自覺的減少產生污染或加強通風以降低暴險濃度。

## 🌞 隱藏在社區裡的PM2.5源

影響個人細懸浮微粒暴險濃度的因子，包括1. 周界環境濃度。也就是區域背景值及大環境的影響，像是周遭的工業區排放等。2. 社區污染源帶來的額外濃度。例如居住環境內的交通、餐飲店、工地、宮廟等等。3. 個人行為帶來的額外濃度。例如抽菸、拜香、烹調、蚊香等等。

除了上述受訪者家戶內外細懸浮微粒的測量外，研究團隊也針對社區整體的污染源進行策略性的觀測分析，觀察各種社區污染源對社區環境細懸浮微粒濃度的



↑龍世俊的團隊實地測量社區各種空氣污染源帶來的細懸浮微粒濃度影響。

→氣象監測儀可同時測得風向、風速、溫濕度、雨量及太陽輻射。



貢獻。他們隨機抽選大臺北地區12個里，在公車站、有排放油煙的餐飲店、宮廟、工地、小工廠、商店等特徵點進行細懸浮微粒濃度的觀測。

統計結果發現，對社區空氣品質影響最大的三個社區污染源分別為餐飲業、宮廟及建築工地，餐飲業與宮廟周圍的PM2.5濃度比較高，而建築工地附近則是PM10的濃度大幅增加。在研究的過程中，龍世俊發現臺灣的工地量相當多，「幾乎每個社區都有大大小小的工地在施工。」這樣頻繁的施工對社區空氣品質的影響不容小覷。

不論是熱危害指數或是細懸浮微粒濃度，社區及個人尺度的測量都更能貼近人們實際的暴險濃度，研究相關的影響因子，探討如何阻斷暴險途徑，可做為預防醫學的研究基礎。龍世俊並且強調，這些藏身於社區的污染源累加起來的影響力不容忽視，政府可從較明顯帶來影響的社區污染源開始管控，達到逐步改善民眾居住品質、進而保障民眾健康的目標。

### Look! 相關中研院資訊

- 中研院官方粉絲專頁
- 中研院科普平臺「研之有物」

