

# 氣候變遷對 公共衛生的衝擊

■ 蘇慧貞 林乾坤 陳培詩

隨著紀錄片〈不願面對的真相〉的上映，  
雖然可能有人對高爾拍攝這部紀錄片  
背後的政治意涵有所疑慮，  
但這部影片讓一般民衆有機會適度了解  
全球氣候變遷的嚴重性，  
並藉此呼籲大家付諸行動拯救地球，  
使其避免走向毀滅。

根據聯合國政府間氣候變遷小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的報告，20世紀全球地表平均溫度增加約攝氏0.6度，而中高緯度地區的增溫幅度尤其明顯，且冬季增溫明顯高於夏季。根據IPCC氣候模式預估，2100年時，這些地區地表平均增溫可高達攝氏3~5度。這一全球地表平均增溫現象，對每一個地區的天氣系統都有一定程度的影響，而越來越多的證據顯示，全球的暖化已足以引起許多地區氣候系統的混亂、對生態系統的衝擊，並危及人類的生存環境。

氣候變遷及其相關的環境與社會變化，也可能對人類健康造成影響。歷史上，人類生活與生產行為對這些生態與生理環境所造成的改變，在經濟利益之外，也使公共衛生產生了新的危機，如轉移傳染源、減少潔淨水的供給與降低農業生態系統的生產力。

試想如果熱帶雨林消失，其連鎖反應的最終結果可能是什麼？首先，最具代表性的是導致當地氣候更趨乾與暖，而土壤的乾燥與有機結構流失的結果，會使當地在大雨時易氾濫成災，進而造成洪





圖片來源：李勇設計

水、水污染、農作物受損與病媒傳染病傳播途徑的改變，危及人體健康。同時，森林的消失造成大氣中二氧化碳濃度上升，間接導致全球氣候變遷，並對人體健康產生影響。

隨著人類對環境的衝擊程度增加，維持地球生命的系統正產生大規模的改變。世界各國除了積極宣示對全球性溫室氣體排放予以管制，擬定並簽署公約外，也從生活及產業著手，研擬降低排放溫室氣體的管制策略，並在環境衝擊、生態衝擊及公共衛生衝擊上研擬因應對策。在氣候變遷對世界各國公共衛生議題的衝擊方面，目前至少包括4個主要面向，即熱效應、極端事件、空氣污染與傳染性疾病。

### 熱效應

全球氣候變遷除了使夏季更熱和冬季暖化之

外，也可能伴隨著熱浪頻率和強度的增加。1988年7月，當中國的南京地區每日最高溫度超過攝氏36度長達17天時，中暑病人及死亡率有驚人的增加。相同的情形也出現在日本，中暑病例數在日本東京溫度超過攝氏31度時，呈等比級數增加。使熱相關的死亡率增加的臨界溫度端看當地氣候而定，在較溫暖的地區其臨界溫度較高。在美國，資料顯示較涼爽的城市對熱天氣的敏感性較大。

根據英國的研究，熱浪來襲所造成的額外死亡率是因為心血管、腦血管及呼吸性的病因所造成的，其他如熱衰竭、熱痙攣、熱昏厥和汗疹的病症也會因熱浪而產生。與熱壓力相關的慢性健康損害，也可能表現在生理功能、代謝過程和免疫系統的傷害上。

極熱的夏季對人體健康的衝擊，可能因為濕度升高而更形嚴重。熱浪的頻率和嚴重性增加可能導

圖片來源：T.J. Hileman, C. Key, D. Fagre, K. Holzer, courtesy of Glacier National Park Archives

## Grinnell Glacier from Mt. Gould 1938 - 2006



1938  
Hileman photo  
GNP Archives



1981  
Key photo  
USGS



1998  
Fagre photo  
USGS



2006  
Holzer photo  
USGS

古德爾山的格林內爾冰河在1938~2006年之間的變化。格林內爾冰河在周遭的植被形態沒有太大變化的情況下，受到氣候變遷的影響而溶解衰退。當冰河溶解衰退的同時，格林內爾湖正持續擴大，且在近年的記錄攝影中也可看到漂浮於格林內爾湖中的巨大冰塊。

20世紀全球地表平均溫度增加約攝氏0.6度，這一全球地表平均增溫現象，對每一個地區的天氣系統都有一定程度的影響，而越來越多的證據顯示，全球的暖化已足以引起許多地區氣候系統的混亂、對生態系統的衝擊，並危及人類的生存環境。

致疾病和死亡數的增加，特別是幼童、老年人、窮人、身體虛弱和罹病者，以及那些沒有能力裝設空調系統的人。另外，特定接受藥物治療而影響到體溫調節能力的人，也是較敏感的族群。

熱浪在都市地區造成的健康衝擊，似乎遠大於鄰近的市郊及鄉村地區。因為熱島（heat island）效應和持續的夜間活動，使得城市通常會出現較高的溫度。在城市地區空氣污染通常比較嚴重，而高污染通常會伴隨熱浪發生。證據顯示人類生活在惡劣的居家條件下（擁擠及通風不良），以及在發展中國家的都市族群，由於有限的社會資源分布或較不理想的基本健康條件，特別容易受到快速都市化所加重的熱效應傷害。因此，溫度對死亡率的影響，在鄉村地區可能有不同於都市地區的表現。

### 極端事件

全球暖化會增加極端氣候事件的次數及嚴重性，例如暴風雨、水災、乾旱和颶風，還有相關的山崩和大火災，這樣的災害會增加死亡率和患病率，而其對健康的影響可分為立即性、中期和長

期。立即性的效應主要是事件發生時的大量傷亡，如水災時的溺水、受大水衝擊撞到堅硬物體的傷亡，以及救難人員的傷亡與熱相關疾病的發生。中期的效應主要包括傳染性疾病的增加；長期效應則有營養不良、過敏原滋生、心理創傷等。

台灣在過去100年呈現暖化的趨勢，但在不同地理區位、不同季節也呈現不同的趨勢，異常氣候狀況如暴雨、颱風、乾旱、沙塵暴等事件發生的頻率也有所變動。台灣全島75%以上是山地、平均海拔660公尺，河川具有坡度大、水流急的特點。特別是多年來大規模的土地開發與都市化，使得土地含水能力減弱，對於暴雨及颱風的異常天候侵襲的抵抗力也降低，一旦災變發生，動輒損失慘重，除了損害民生基本建設、危及生命財產外，後續也可能影響其他生態、環境及公共衛生。

各國的氣象專家最近紛紛推測，因為海水溫度持續升高，未來全球颶風不但生成頻率會增加，形成強烈颶風的頻率也會增加。因此，台灣應儘速加強防災應變體系，和民眾對於維持環境衛生和防疫的能力，才能因應環境變化的脈動。

最近各國的氣象專家紛紛推測，因為海水溫度持續升高，未來全球颶風不但生成頻率會增加，形成強烈颶風的頻率也會增加。因此，台灣應儘速加強防災應變體系，和民衆對於維持環境衛生和防疫的能力，才能因應環境變化的脈動。

圖片來源：[http://www.geo.arizona.edu/dgesl/research/other/clinicle\\_c\\_hange\\_and\\_sea\\_level/sea\\_level\\_rise.htm](http://www.geo.arizona.edu/dgesl/research/other/clinicle_c_hange_and_sea_level/sea_level_rise.htm)



當海平面上升 6 公尺後，低窪區域及島嶼將無法再居住的模擬結果。

## 空氣污染

不同氣象因子的變化也會影響污染物傳輸與前趨物質反應生成機制，而影響空氣污染物的組成與濃度，如生物性空氣污染物（如花粉）的產生與釋放，或人類產生的空氣污染物，或由於能源需求增加而產生的空氣污染物。暴露於空氣污染物中，已陸續證實會直接或間接造成嚴重的健康影響，研究顯示都會區的空氣污染事件發生時，伴隨著臭氧、酸性氣膠、懸浮微粒等污染物濃度增加，醫院呼吸道相關病患就診數也隨之增加。

嚴重空氣污染的事件發生後，也容易觀察到老年人死亡率增高的趨勢。歐洲地區的研究發現，空氣污染物對於健康的衝擊在夏季或高溫期間特別明顯，由於高溫與空氣污染的加成效應，對大腦梗塞及局部缺血是一個重要的風險因子。因此，瓦倫西瓦、巴塞隆納、西班牙、羅馬與義大利都發現二氧化硫、空氣污染物總量與心血管疾病致死率的相關性，在夏季比冬季較強也更為明確。

近年來受全球氣候變遷的影響，導致乾旱、降雨分配不均等現象，使大陸地區沙漠化情形日益嚴重，進而使大陸沙塵暴發生頻率及強度都有增加的趨勢。50年代發生過5次，60年代有8次，70年代

13次，80年代發生過23次，2000年一年間就發生12次。台灣地區位處大陸沙塵暴下游，隨著大陸沙塵暴發生頻率、規模及強度的上升，

台灣地區在近幾年受其影響的次數明顯增加，預期在未來的5到10年間有可能更加劇烈。

根據環保署空氣品質觀測站的監控結果，大陸強沙塵暴發生時，在有利的大氣長程傳送條件下，台灣的空氣品質會受到影響。其現象主要是空氣中懸浮物質急遽增加，在短時間內造成大規模空氣品質惡化。研究發現在沙塵暴事件發生後第1~3天，台灣因心肺疾病而急診就醫人數明顯增加，而24小時心電圖監測儀檢查結果顯示患者心跳速率減緩，且其體內的發炎指標hs-CRP也有上升的現象，表示生物性感染的可能。

## 傳染性疾病

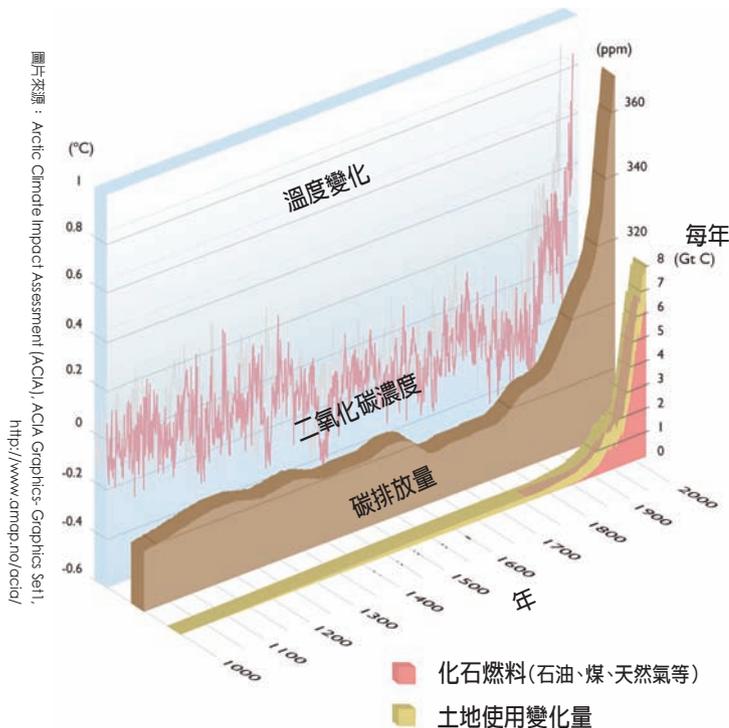
傳染性疾病的傳播動力學及生態學極為複雜，不同疾病在不同地方的表現經常十分獨特。某些傳染性疾病的傳播方式是直接傳染給人，有些則透過一個中間病媒（例如蚊子、跳蚤、蟬等）傳播，也可能藉由感染其他物種（尤其是哺乳動物及鳥類）而發生。

動物性傳染病的傳染周期自然存在於動物族群中，當人類侵犯到這個生態圈或環境遭逢破壞與瓦解時，疾病則會伺機傳播到人類身上。舉例來說，

氣候變遷可能會改變病媒物種的分布，

依據氣候對於繁殖地點的有利與否決定其分布範圍的增減（例如植被、宿主或水源方便性）。

溫度也會影響病媒體中病原體的複製與成熟速率，以及其存活率，因而進一步影響疾病的傳播。



**近1千年來的碳排放量與二氧化碳濃度、溫度的關係** 北半球地表在過去的1千年中，由於人類的活動（化石燃料燃燒及墾荒）使得碳排放量上升，導致大氣中二氧化碳濃度與溫度隨之增加。圖中早期的平均溫度取自於歷史數據，以及觀測樹輪、珊瑚而來，爾後的數據則是直接於大氣中量測。二氧化碳濃度的部分，前期數據是透過量測冰的核心內所捕捉到的氣泡空氣而得到的，1957年之後則是直接在大氣中量測的。

各種齧齒動物會依據環境條件及食物可利用性，來決定其族群的大小及行爲。1991～1992年聖嬰現象的豪大雨過後，老鼠族群的大量繁殖被認為與美國漢他病毒肺症候群的第1次爆發流行相關。

由蚊蟲傳播的疾病，常在大自然受到某些因素干擾後流行，包括氣象變化、森林砍伐、人口密度改變、蚊蟲結構改變、脊椎動物宿主結構改變，以及遺傳上的變異。氣候變遷也對人類或獸類地域性的流行病產生正面或負面的影響，結果經常取決於疾病本身的特性。適合用來降低接觸病媒及齧齒動物傳播疾病風險的方法，包括提供旅遊者相關資訊、疫苗接種和預防藥物，以及防禦措施、監控及監測。

在大部分已開發國家，由食物引起的疾病發生

率也在上升，這是由於行爲、消費情形及貿易的改變所導致的結果。台灣的高相對濕度也使得真菌類皮膚感染疾病有較大的風險，因為溫暖及濕潤狀況可提高真菌類皮膚感染，例如孢子絲菌病。濕度的降低可導致真菌孢子顆粒分散的增加，因而增加球孢子菌引起肺炎的風險。

若氣候變遷導致部分區域水源短缺，則可能產生更多灌溉需求，尤其在乾旱地區。如果灌溉系統擴展至符合需求，住血吸蟲病宿主—蝸牛族群可能會增加，導致人類和寄生動物一起感染住血吸蟲病的風險增高。然而，這樣的衝擊可經由建造不利蝸牛繁殖的灌溉系統來降低。

許多重要的傳染性疾病，尤其在熱帶國家，都是藉由病媒傳播。由於這些病媒無法調控自體內部體溫，因此對於外界的溫度及濕度變化反應較敏感。氣候變遷可能會改變病媒物種的分布，依據氣候對於繁殖地點的有利與否決定其分布範圍的增減（例如植被、宿主或水源方便性）。溫度也會影響病媒體中病原體的複製與成熟速率，以及其存活率，因而進一步影響疾病的傳播。

可能影響傳染性疾病傳播的氣候因子，包括溫度、濕度、降雨量改變和海平面上升。至於判斷這些因子如何影響病媒傳染疾病和齧齒動物傳染病的風險，則是一項必要但相當複雜的工作。

決定病媒傳播疾病的規模與地理分布的因子錯綜複雜，包含了人口統計、社會、氣候等諸多因子。病媒數量或分布區域增加並不會自動導致疾病發生率增加，而疾病發生率增加也未必一定造成死亡率增加。疾病傳播需要傳染窩、適當的節肢動物病媒、以及足夠的病原體同時存在於這個地區。

人類疾病的傳播與許多複雜且相互影響的因子有關，包括人口密度、住屋地點及型態、住家的屏障及空調的有無、生活習慣、可否取得安全飲用水、污水及廢棄物處理系統、土地使用及灌溉系

過去數十年，由於人口成長、都市化、土地使用及農業操作改變、森林砍伐、國際旅遊、貿易、人類及動物的活動、環境微生物的適應及改變、公共衛生設施的損壞等因素的變化，使得許多傳染性疾病，包括病媒傳播疾病，在世界多處地區有重新復甦、肆虐的跡象。

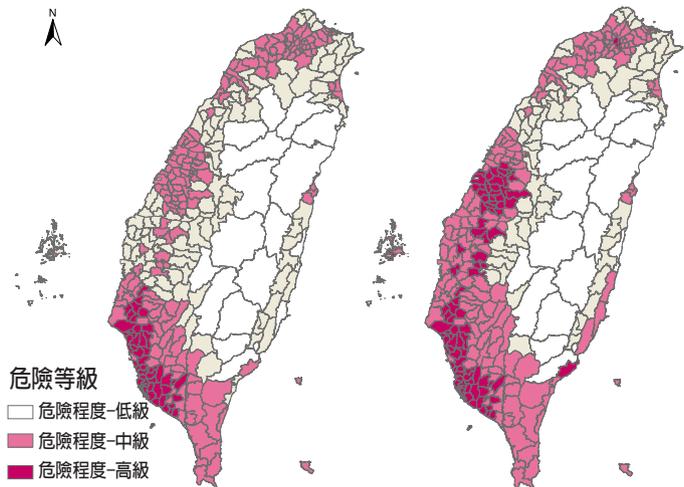
統、病媒控制計畫的成效和可用性，以及一般環境衛生。如果以上這些因子都有利於傳播，則一些氣象因子就有可能會影響其傳播情形（如溫度、相對濕度、降雨情形等）。所有上述因子都會影響疾病的傳播動力學，並在發生地區性或流行性傳播上扮演重要的角色。

過去數十年，由於人口成長、都市化、土地使用及農業操作改變、森林砍伐、國際旅遊、貿易、人類及動物的活動、環境微生物的適應及改變、公共衛生設施的損壞等人口與社會因素的變化，使得許多傳染性疾病，包括病媒傳播疾病，在世界多處地區有重新復甦、肆虐的跡象。

在一些海島國家，隨著氣溫及雨量的改變，一些病媒會擴展牠們的生活區域而擴大某些疾病的傳播範圍。舉例來說，瘧疾以前大致局限在西、中太平洋地區，目前則已向東擴展，甚至遠至斐濟都可發現其蹤跡。值得注意的是，許多海島的高地目前幾乎尚未有足以傳播瘧疾、登革熱及其他熱帶疾病的病媒（如埃及斑蚊）存在，但如果全球氣候持續暖化，則極可能會變成適合病媒繁殖的場所。

在拉丁美洲地區的調查結果顯示，當節肢動物的病媒處於生活史中的感染寄生階段時，對於氣候及水文狀況，尤其對溫度、濕度、不流動的水池、池塘等特別敏感，溫度變化則是影響病媒傳播能力的主要因子。同時，一項英國研究指出由食物傳染的疾病發生率，與其盛行前1個月的溫度具高度相關性。這可能是因為蒼蠅、蟑螂、齧齒動物等是會對居家環境衛生造成危害的主要生物，其活動及分布會隨著氣候變遷而改變，再加上不當的食物處理所致。

依據學者專家的評斷，對氣候變遷最敏感的疾病包括瘧疾、登革熱、鼠疫、細螺旋體病、蜱媒傳播疾病的萊姆病與蜱媒腦炎、齧齒動物傳播疾病的漢他病毒、水媒傳染性疾病的隱孢子蟲症、梨形鞭



全台每月平均氣溫上升攝氏1度時，登革熱危險區域分布的變化 蘇慧貞教授等整合全台各鄉鎮平均氣象條件、登革熱累積發生率、人口密度等環境資料，利用空間分析發現人口密度與平均溫度是影響登革熱流行區域的重要因子。而隨著人口密度增長及全島溫度暖化，登革熱流行區域預期會有擴大北移的趨勢。

毛蟲病與霍亂。此外，還有利什曼蟲病、住血吸蟲病、卡格氏病等。

在台灣已著手建立的資料庫中，初步結果指出，現行的埃及斑蚊布氏指數監測，並無法有效預測登革熱周期性流行是否會爆發。然而利用溫度的變化卻可評量疾病是否爆發的相對危險性，但降雨量及相對濕度則無顯著的影響趨勢，顯示台灣南部地區未來長期暖化趨勢，極可能助長登革熱在都會區的地方性流行。

過去人類在地球上生存的抗衡中面對過飢荒和戰爭，而我們這一代要面對的可能除了全球化的競爭之外，還包括全球氣候變遷帶來的各種負面效應。而與日俱增的科學研究顯示其惡果已不是「後代子孫」般遙遠的未來，是我們及現存的孩子們這一代就會遭遇到的挑戰。如何保護全人類共享的唯一家園—地球，已是刻不容緩的共同課題。 □

蘇慧貞 林乾坤

成功大學醫學院工業衛生學科暨環境醫學研究所

陳培詩

高雄醫學大學公共衛生學系