

「氣候變遷與健康調適」科學計畫

龍世俊* 周淑婉** 陳正平*** 溫蓓章****
蘇慧貞***** 蔡宜君***** 沈育生*****

論文收件日期：106年11月03日
論文修訂日期：107年08月31日
論文接受日期：107年11月02日

摘 要

全球氣候變遷對人類健康造成許多威脅，世界各國政府皆對其衝擊影響及其調適策略極為關注；這不僅是全球性之政策議題，也需要科學方法研究自然環境、人為基礎設施、健康政策等諸多因素，以提出具體有效之可行健康調適策略。因此，本文評析國際趨勢、本土政策需求與科學研究缺口，提出「氣候變遷與健康調適」課題之科學規劃，以期科學研究成果能順利為研擬健康調適策略提供紮實科學基礎，降低氣候變遷對健康衝擊。此科學計畫提出以系統性方法聚焦自然環境、建成環境及健康影響三個系統，並整合性地探討此三個系統之交互作用影響途徑及變項，且由其影響歷程釐清可能介入之健康調適策略。我們提出四大研究方向，一是建立氣候健康衝擊（包含傳染病及非傳染病）之整合性預警模式，二是具有減緩氣候變遷與促進健康之共效益健康調適策略研究，三是新型態氣候變遷與健康調適之衛生教育或健康促進工具發展及策略研究，四是深化本土氣候變遷與健康調適研究之科學能量。同時，強調「以解決問題為導向」跨領域合作以及利害相關人之參與，以解決實務上之困難，確實降低氣候變遷對健康之衝擊。

關鍵詞：共效益、系統性方法、健康衝擊、健康預警系統、跨領域整合

* 研究員，中央研究院環境變遷研究中心，TEL：(02)27875908，
E-mail：sclung@gate.sinica.edu.tw。

** 技監，行政院衛生福利部。

*** 教授，國立臺灣大學大氣科學系。

**** 研究員兼第二研究所副所長，中華經濟研究院。

***** 校長，國立成功大學

***** 助研究員，中央研究院環境變遷研究中心。

***** 博士後研究人員，中央研究院環境變遷研究中心。

Science Plan of “Climate Change and Health Adaptation”

Shih-Chun Candice Lung*, **Shu-Wan Chou****,
Jen-Ping Chen***, **Pei-Chang Wen******,
Huey-Jen Jenny Su*****, **I-Chun Tsai*******,
Yu-Sheng Shen*****

ABSTRACT

Evidences have showed that human health are affected by climate change in many ways. Worldwide, governments are concerned about health impacts of climate change and the corresponding health adaptation strategies which should be supported by scientific evidences evaluating the interactions among variables of natural environment, man-made infrastructure, and health status. This paper presents a science plan for “Climate Change and Health Adaptation” considering the global trend of sustainability science, the policy needs of Taiwanese government, and the gaps of research findings. Systems approach is used to evaluate the interactions among systems of natural environments, built environments, and health impacts; potential health adaptation strategies could be identified by interrupting the influential pathways among them. Four research directions are proposed, namely (1) establishing integrated early warning systems to reduce health impacts, (2) exploring co-benefit strategies for health adaptation and mitigation of climate change, (3) developing strategies of health promotion and health education with new types of scientific tools, and (4) building capacity for “climate change and health adaptation”. Moreover, solution-oriented, stakeholder-engaged, and integrated transdisciplinary collaboration should be encouraged in order to tackle the difficulty encountered in reality and reduce the health impacts of climate change effectively.

Key words: Co-benefit, Early Warning System, Health Impact, Systems Approach, Transdisciplinary

* Research Fellow, Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica, TEL: +886-2-27875908, E-mail: sclung@gate.sinica.edu.tw.

** Ministry of Health and Welfare Executive Yuan, Executive Yuan.

*** Professor, Department of Atmospheric Science, National Taiwan University.

**** Research Fellow and Deputy Director of the Second Research Division, Chung-Hua Institution for Economic Research.

***** President, National Cheng Kung University.

***** Assistant Research Fellow, Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica.

***** Postdoctoral Research Fellow, Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica.

一、前 言

近年來全球氣候變遷所衍生的環境變異，包括極端氣候事件（如熱浪、暴雨）的強度與頻率升高、降水型態改變、海平面上升、水資源質與量的劇烈變動、生態系統質損、糧食生產條件變化等等（IPCC, 2014），已對人類社會產生嚴重的衝擊與威脅。自1990年代起，各國透過會議的交流（如1992年里約熱內盧地球高峰會（Earth Summit 1992）、1996年日內瓦會議、1997年京都會議、2002約翰尼斯堡地球高峰會（Earth Summit 2002, Rio+10）、2005年蒙特利爾會議、2009年哥本哈根會議）和協定的簽署（如聯合國氣候變化框架公約、京都協議書、巴厘島發展路線圖、哥本哈根協定），試圖解決氣候變遷所帶來的威脅和危機，但成效並不顯著。2015年12月12日在聯合國氣候峰會中195個成員國通過的巴黎協議，冀望能共同遏阻全球暖化趨勢。「巴黎協議」強調應把全球平均氣溫控制在工業革命以前水平之升幅 2°C 之內，並努力限制 1.5°C 升幅之內。在此同時，如何在面臨現階段氣候變遷衝擊時，加強擬定有效的調適策略，亦是國際上共同關注焦點。聯合國各成員國在2015年9月25日亦通過17項永續發展目標（sustainable development goals, SDGs），希望在2030年達成。其中，健康與福祉、水資源、潔淨能源、永續城市與社區、氣候行動等多項目標，皆需要有效的氣候變遷調適策略才可能達成。聯合國特別強調第十七項目標是建立夥伴關係（partnerships for the goals），因此，政府單位、科學界、產業界及一般大眾等等，皆需共同努力來擬定並執行有效調適策略來因應氣候變遷衝擊。

在學術研究方面，1980年代起國際上發展出四大全球環境變遷科研計畫，包括世界氣候研究計畫（World Climate Research Programme, WCRP）、國際地圈-生物圈計畫（International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP）、國際生物多樣性科學研究計畫（DIVERSITAS），以及全球變遷人文面向科學計畫（International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP），在1987年至2010年間針對全球環境變遷的科學研究有重要且大量的貢獻。2012年，由全球環境變化計畫贊助的科學會議“Planet Under Pressure”中，學者提倡採用新的研究方法來解決地球系統面臨的壓力，以及尋求全球永續性解決方案的迫切需求，並得到2012地球高峰會（Earth Summit 2012, Rio+20）的響應，呼籲加強政策與科學之間的關係。在相同的理念下，2014年國際學界由國際科學理事會（International Council for Science, ICSU；今與International Social Science Council合併為International Science Council, ISC）領導，整合旗下全球環境變遷相關科研計畫30多年的努力成果，以研究全球永續發展為主軸（research for global sustainability），

正式推出Future Earth科研活動，其訴求有別於過去僅強調基礎科學研究，而著重將基礎科學研究連結至社會及政策制定者所需解決的永續發展議題。Future Earth所重視的永續科學研究必須能「提出解決方案」，研究成果必須同時兼顧環境變遷與發展的挑戰，又能滿足人類對食物、水、能源及健康的需求。此外，Future Earth強調自然、人文社會、人類及經濟學等跨領域合作的重要性，以期找出最佳科學方案，解決眼前複雜多面向的科研問題。再者，Future Earth也特別強調「共同設計（co-design）」、共同產出（co-produce）及共同傳達（co-deliver）之概念，在科研議題設計之初就必須與政策制定者或土農工商等利害關係人「共同設計」，以利科研成果快速傳遞給政策制定者，回應利害關係人的需求，且有助於科研成果垂直整合，為社會所用。

在2009至2013年間，在ICSU支持下，全球科學界經過多次討論，彙整Future Earth三大重點研究方向，就是「變動中的地球（*Dynamic Planet*）」、「全球發展（*Global Development*）」及「因應永續發展之轉型（*Transformation toward Sustainability*）」（Future Earth, 2013），即以過去四十年之全球環境變遷相關之科研成果為核心，向外拓展到人類社會發展模式轉型之社會科學議題，包括健康調適議題。另外，在健康研究領域上，ICSU同時推動另一項國際重點研究活動「Health and Wellbeing in the Changing Urban Environment」（簡稱Urban Health and Wellbeing, UHW）。不同於以往只分析潛在因子與疾病死亡率（或發生率）之相關性，其強調以系統性研究方法（*Systems Approach*）進行健康研究（UHW, 2016; Olazabal et al., 2018），可以同時以定性及定量的方式，探討不同因子間的正負回饋作用，包括外在自然及社會環境、都市規劃等會影響個人健康之外在正向負向因子等，研究系統可以由初期簡單系統，發展至相互影響之複雜系統。系統性研究方法是一個重要的研究橋樑，將目前獨立存在的健康領域之流行病學研究及健康研究方法等，串聯至上游的全球環境變遷研究方法，並且明列各個可控制之因子及環節，以呈現政策面可介入的關鍵點。

國際上健康領域學者，亦呼應ICSU的重點科研活動。有名的刺絡針期刊（*The Lancet*）與洛克菲勒基金會合作，邀集學者專家團提出「行星健康（*Planetary Health*）」的概念（Waage et al., 2015）。「行星健康」強調自然環境及人為建成環境必須健康，才可能真正保障人類健康。圖1顯示以個人的健康及福祉為中心主軸，須仰賴健全的基礎設施（中間層，人為建成環境）及自然環境系統（外環）的支持，才能維繫個人健康；故達成聯合國所提出的17項SDGs的同時，也能促進人類健康。由圖上看，若人類能合作去解決目前氣候變遷的問題、維繫健康的生態系

統及海洋環境，也就是盡力達成圖1外環的3個SDGs；同時，又能達成提供乾淨飲水設施、糧食供給系統及能源供給等良好的人為規劃的基礎設施（圖1中間層）等SDGs，就能進一步達成圖1中心主軸與個人健康及福祉有關的六項SDGs，如解決貧窮及維持健康生活等。因此，相關的科學研究須考量人為建成環境、自然環境、與民眾健康及福祉之系統間的交互作用。

氣候變遷造成的氣象條件變異，會直接危害大眾健康，如極端高溫事件，會促使熱相關疾病及心血管疾病就診率與死亡率上升；而氣候條件改變，經由自然環境及建成環境之中介影響，亦會對公眾健康產生衝擊，如因增溫所產生的傳染病蔓延及空氣污染惡化，在擁擠的都市環境中及通風不良的建築物內，可能加速傳染病傳播及心肺疾病就診率與死亡率上升。欲降低健康衝擊，需同時考量自然環境、建成環境及健康系統中多項因子的交互作用。因此，亟需氣候、環境、都市規劃及公共衛生等專家學者跨領域共同合作，為健康調適建立紮實之科學基礎，以利有關單位擬定有效調適策略，降低健康衝擊。

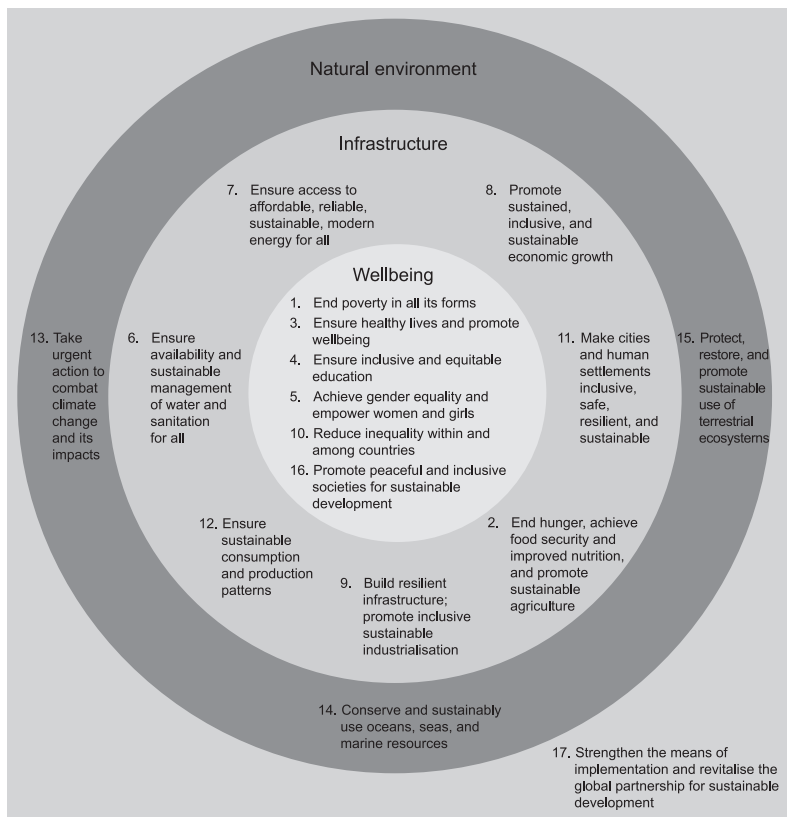


圖1 「行星健康 (Planetary Health)」與永續發展目標間之關係

資料來源：Waage et al. (2015) : e251.

國內為因應氣候變遷對社會的衝擊，在1994年成立「行政院全球變遷政策指導小組」，1997年8月行政院宣布將此一指導小組提升為「行政院國家永續發展委員會（永續會）」。1990年代初期，行政院國家科學委員會（現為科技部）亦配合國際四大全球環境變遷科研計畫，推動國內全球變遷的整合性研究。2002年「環境基本法」三讀通過，以其中第二十九條給予永續會法定位階，同年5月起由行政院院長兼任永續會主任委員，主要是為響應聯合國永續發展方針。行政院在2012年正式核定「國家氣候變遷調適政策綱領」，「健康」領域就涵括於氣候變遷調適重點的八大領域中，行政院並要求衛生福利部與環保署擬定具體的「氣候變遷之健康調適」行動方案。在研擬這些行動方案時，考量有限資源做最大運用及各行政機關業務分工，如疾病管制署、國民健康署、環保署、勞委會、科技部等，都各自負責執行推動與其法定職掌有關的計畫。科技部的任務是「鼓勵大學院校與研究機構學者專家進行氣候變遷下我國健康衝擊與調適評估相關整合型研究」，具體執行項目為「推動氣候變遷下我國健康衝擊與調適評估整合型研究」，以期以紮實之科研知識，做為調適政策的堅實基礎。因此，「氣候變遷與健康調適」科學研究的大方向符合Future Earth科研活動強調的「共同設計」，在政府單位有政策應用之需求時，提出相對應之科研計畫。

考量國際兩大科研主軸Future Earth及UHW強調科研計畫應「提出解決方案」、「共同設計」、「跨領域」及「系統性研究」之科研發展方向（Future Earth, 2013; Bai et al., 2016; United Nations, 2017; Olazabal et al., 2018），以及國內的研究需求，我們在此提出重點研究方向。如圖2（a）所示，「氣候變遷與健康調適」主要研究系統共有三個：「自然環境」、「建成環境」及「健康影響」，而將「氣候變遷」當做是影響「自然環境」系統之外生變數。「氣候變遷」會影響短期氣象條件及長期氣候條件的改變，進而影響空氣、水等「自然環境」品質（由「氣候變遷」至「自然環境」的途徑），而這些環境品質，亦會受到其它「建成環境」的影響（由「建成環境及民眾行為」至「自然環境」的途徑），如都市綠覆蓋率、建物隔熱通風與交通建設規劃等，會影響都市或建物增溫、空氣品質、水環境中病媒滋生程度等「自然環境」系統變項；不論是因「氣候變遷」或「建成環境」影響，當環境品質變差後，會導致「健康」系統中傳染病、熱危害、過敏性疾病、心肺疾病等風險增加（由「自然環境」至「健康影響」的途徑）；同時，即使沒有氣候變遷，上述這些特定人為設施本身的好壞亦可能因影響民眾行為等因素而直接影響健康風險（由「建成環境及民眾行為」至「健康影響」的途徑），例如不當交通規劃可能增加民眾暴露於高交通排放的時間，增加心肺疾病之風險。「氣候變遷與

健康調適」應以系統性方法來研究此三個系統中變項彼此間之交互作用、途徑、影響因子及健康衝擊程度，並進一步考量能介入之有效健康調適策略。

在有效健康調適策略方面，「氣候變遷與健康調適」研究可以有三個介入點，以降低環境對健康之衝擊。如圖2（b）所示，首先是探討「建立氣候健康衝擊（包含傳染病及非傳染病）之整合性預警系統」，若能建立預警系統探知「自然環境」系統變項的改變已達到會造成嚴重健康衝擊的程度，可以立即提醒民眾以降低健康傷害（研究方向1）。第二個介入點是探討「具有減緩氣候變遷與促進健康之共效益（co-benefit）健康調適策略」，是規劃以治本方式，利用改善基礎設施來建設有利健康之宜居環境，便可更積極地由源頭改善來降低健康風險（研究方向2），例如加速再生能源使用，不僅可延緩氣候變遷，同時減少空氣污染，亦可降低健康風險。第三個介入點「新型態氣候變遷與健康調適之衛生教育或健康促進工具發展及策略」（研究方向3），是由科學研究提供完整科學數據以了解氣候變遷下不同健康衝擊之不同脆弱族群分佈，並以新型態衛生教育或健康促進工具及策略重點式加強健康促進宣導以教育民眾；若民眾知道改善某特定人為設施或改變行為可降低氣候變遷衝擊之健康風險，能形成政策壓力加速此人為設施之改善，或改變自身行為，以降低健康風險。在此三項研究方向之外，由於科技進步，我們也要善用新的科學方法及手段進行「氣候變遷與健康調適」研究，因此，應鼓勵培養年輕學者，「深化本土氣候變遷與健康調適研究之科學能量」。以下分別說明上述這四大研究方向的內涵與涵蓋的子議題，最後提出整體研究方向的結論與建議。

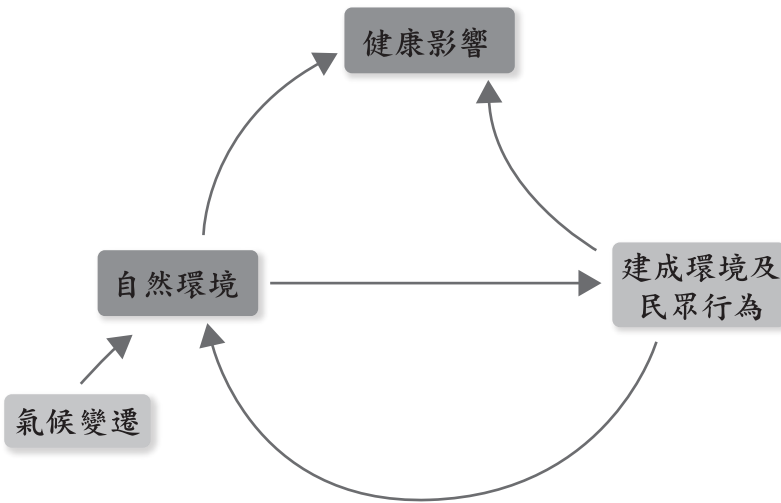
二、科學計畫內容

在「氣候變遷與健康調適」方面，我們提出這四大研究方向，一是建立氣候健康衝擊（包含傳染病及非傳染病）之整合性預警模式，二是具有減緩氣候變遷與促進健康之共效益（co-benefit）健康調適策略研究，三是新型態氣候變遷與健康調適之衛生教育或健康促進工具發展及策略研究，四是深化本土氣候變遷與健康調適研究之科學能量。以下分項說明。

（一）建立氣候健康衝擊（包含傳染病及非傳染病）之整合性預警系統

「建立氣候健康衝擊之整合性預警系統」此研究方向涵蓋範圍很廣，目前大部份研究偏重於氣候變遷對健康衝擊，而較少以整合性方式來建立預警系統，因此，

(a)



(b)

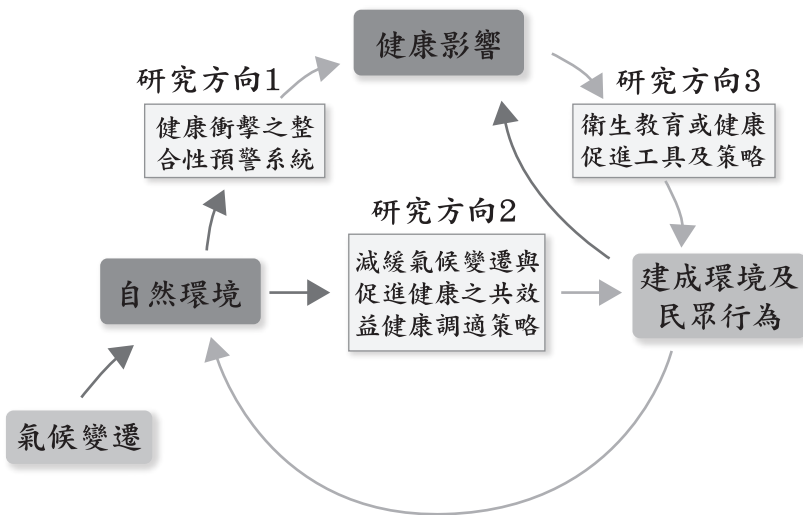


圖2 「氣候變遷與健康調適」科學計畫關注之主要系統及可能之政策介入點 (研究方向 1-3)。圖中三個主要研究系統：自然環境、建成環境及民眾行為、及健康影響；互相影響的途徑以箭頭指示，紅色途徑表示前一個系統出問題時會影響後一系統，綠色途徑表示良好的調適策略能改善後一系統情況。(a) 顯示目前健康系統受到來自建成環境及民眾行為系統與自然環境系統 (受氣候變遷影響) 的雙重影響；(b) 若以研究方向1-3的科學證據來提供良好介入方案與健康調適策略，可改變現況，減少健康系統受到來自建成環境及民眾行為系統與自然環境系統的衝擊

以下先介紹氣候變遷對健康衝擊之研究現況，再介紹整合性預警系統研究現況。第三小節，列出規劃之未來研究方向，主要是填補目前科學缺口，以整合性跨領域研究為主。

1. 氣候變遷對健康衝擊之研究現況

氣候變遷會造成溫度、降雨等氣象因子之改變，包括：極端高溫、溫度變異性、極端降雨、颱風數量增加等等；另外，溫度增加及降雨減少亦會造成空氣污染更趨嚴重，這些皆會對健康產生一定的衝擊及影響。以下分為溫度變化、降雨變化、及溫度與降雨協同影響之健康衝擊等三方面，簡述目前研究現況。

在溫度方面，全球極端溫度事件（如極端高溫、極端低溫等）頻率增加，相關之健康衝擊亦隨之增加（Sung et al., 2013b）。氣候變遷之健康衝擊最明顯地是顯現在高溫方面，高溫會造成核心體溫增加、心率加快、血流大量由身體中心組織分佈到皮膚、出汗增多，以及未及補充水分所造成之脫水現象（Parsons, 2014）。若高溫超過人體所能適應的溫度，會導致總心血管疾病就診率與死亡率、缺血性心臟疾病就診率、心肌梗塞死亡率、心肌梗塞發作頻率、熱中風就診率、缺血性中風就診率的增加（Wolf et al., 2008; Chung et al., 2009; Lin et al., 2009; Green et al., 2010; Ostro et al., 2010; Basu et al., 2012）。再者，Chung et al.（2009）、Lin et al.（2009）、Green et al.（2010）與Ostro et al.（2010）等人之研究亦指出溫度上升會導致呼吸系統疾病就診率及死亡率增加。而高溫亦會對心理健康造成危害（Sung et al., 2011; Sung et al., 2013a），尤其是原本已患有精神疾病的患者。

究竟溫度造成健康衝擊的閾限值為何？已有一些政府單位及學者試圖釐清。目前文獻中雖對極端溫度事件未有一致性的定義，但多以當地溫度之百分位數做為準則，極端低溫範圍定為1、5、及10百分位溫度值，而極端高溫則定為99、97、95及90百分位溫度值。極端溫度對於心臟血管疾病的影響機制為影響主動脈血壓上升（Hintsala et al., 2014），極端高溫對人體健康之影響為立即性效應，而極端低溫對人體健康之影響則具有延遲效應（Chung et al., 2015）。極端高溫會致使總心血管疾病死亡率、心房顫動與熱中風就診率增加（Huynen et al., 2001; Wu et al., 2011; Bobb et al., 2014; Brunetti et al., 2014）；而極端低溫亦會使總心血管疾病死亡率提高（Huynen et al., 2001），而隨著極端溫度事件的持續，更會增加疾病死亡之風險（Lin et al., 2011; Wu et al., 2011; Lin et al., 2013a; Lin et al., 2013b）。另外，極端溫度事件亦會影響呼吸系統疾病就醫及死亡率，在極端高溫或熱浪事件下，會使總呼吸系統疾病與慢性肺阻塞疾病就診率提高（Monteiro et al., 2013; Gronlund

et al., 2014)；而在極端低溫或寒流事件下，亦會使總呼吸系統疾病死亡率提高 (Huynen et al., 2001; Lin et al., 2013b)。澳洲的熱浪與老年人死亡平均增加28%有顯著相關，且熱浪的模式（強度與長度）在不同城市對老年人死亡有不同的影響 (Cheng et al., 2018)。每日溫度變異性（每日高低溫差值）亦因氣候變遷而提高，Kim et al. (2016) 研究結果顯示溫差增加會導致總心血管疾病死亡率增加，即溫差增加1°C，風險增加0.81%，並指出溫差增加亦會導致總呼吸系統疾病死亡率增加，即溫差增加1°C，風險增加0.90%。

此外，因平均溫度的提高，會增加二次空氣污染物質（如臭氧及細懸浮微粒）的生成；而陽光入射量增加、雲層量減少及降雨量降低，會延長空氣污染物的停留時間。而過去研究指出暴露於空氣污染物質會導致心血管疾病死亡率及發病率增加 (Hoek et al., 2001; Brook et al., 2004; Pope et al., 2004; Brook, 2008; Franchini and Mannucci, 2012; Dong et al., 2013; Beelen et al., 2014; Zhang et al., 2015)，其影響機制主要是細懸浮微粒及超細懸浮微粒，透過穿透肺泡，進入血液，從而產生損傷心臟功能、誘發血栓、動脈粥樣硬化等效應。而在氣候因子與空氣污染暴露交互作用的影響下，亦會導致呼吸道疾病死亡率及氣喘就診率增加 (Sheffield et al., 2011; De Sario et al., 2013; Zhang et al., 2015)。

在降雨方面，產生之後續健康影響，包括各種不同飲水傳染之水媒疾病 (Chen et al., 2012)、因接觸受污染水體而感染之疾病、以及眼睛和呼吸道感染所致的疾病 (Chen et al., 2014)。由於極端降雨事件頻率增加，其所增加的大量地表逕流，可能提供數量龐大的沉積物和營養物質到承受水體，而水體因營養過剩，在洪水結束後可能導致藻類的大量繁殖，從而破壞了水生生物的穩定性並使水質快速惡化。另外，暴雨會讓原水濁度過高，使得淨水系統無法有效發揮其作用，致使水中致病原無法被有效移除，如美國1993年的隱孢子蟲 (*Cryptosporidium parvum*) 原生寄生蟲感染事件，造成許多腸疾病就醫個案及54人死亡 (Koopman and Longini, 1994; Mac Kenzie et al., 1994; Hoxie et al., 1997)。或因污水及防洪設施之毀損，使得過量的暴雨逕流將地表上的病原體帶入下水道及河川，或流入地下水源，如此便透過污染供水或食物鏈，致使水媒疾病的增加 (Shea and Health, 2007)，如孟加拉在2004年水患事件後，便爆發大規模的腹瀉（約17,000人染病） (Watson et al., 2007)，而加拿大安大略省2000年亦因為過度降雨導致水體污染，並導致嚴重的疫情 (Auld et al., 2001)。或因水患使得生活環境不佳，致使感染水媒疾病，例如水患可能迫使受災民眾與齧齒類動物共同聚集於地勢較高的區域，增加受災民眾與齧齒類動物接觸的機會，因此，在1996年巴西、1998年阿根廷、2000年印度的水災

事件後，以及2001年台灣Nali風災後，都曾爆發鉤端螺旋體病流行（Watson et al., 2007）。

另外，降雨不均或降雨量減少，會造成乾旱，乾旱會影響水源水質和食物供應，並造成可供飲用水量不足及饑荒的產生，並進一步影響居民的健康及營養攝取（Shea and Health, 2007; Rose et al., 2001）。此外，乾旱也會間接影響植物病原菌的生態系統（Patz et al., 2005; Ebi and Paulson, 2007），以及蟲媒的分布和物種的消長（Eastering et al., 2000），從而影響傳染病蔓延之時節及範圍。

而在溫度及降雨改變的交互影響下，會影響蟲媒的存活及生殖率，進而影響它們棲息地的穩定度、分布，以及蟲媒活動的型態（Rogers and Randolph, 2006; Wu et al., 2009），也使得人類的感染風險隨之改變。一般的蟲媒傳染病是經由已感染的節肢動物叮咬而傳播之疾病，其傳播源包括蚊子、硬蜱、果蠅等。由蚊子傳播的蟲媒傳染病，包括瘧疾（瘧蚊）、登革熱（白線斑蚊及埃及斑蚊）、日本腦炎（三斑家蚊、環紋家蚊及白頭家蚊）、茲卡病毒。其中，登革熱為都市地區流行之疾病，亦是目前台灣重要之病媒傳播疾病之一，過去數十年，台灣每年都有登革熱病例發生，高峰期多在每年九月至十二月間（Lin et al., 2012）；另外，登革熱的盛行，與外在的氣候條件及宿主的免疫力極大之關係（Gubler, 1998; Yang et al., 2008; Lambrechts et al., 2011; Racloz et al., 2012）。因此，氣候變遷會改變氣溫與溼度，並促使登革熱盛行的地區及期間發生變化（Wu et al., 2007）。

2. 整合性預警系統之研究現況

預警及應變機制是目前公認減低氣候變遷之健康衝擊最立即有效的方式（Smith et al., 2014）。Hunt et al., (2017) 亦指出以氣候預測資訊建立熱浪預警系統對健康影響調適有經濟上的正向成本效益。不同國家因地理位置之不同，而有其相異之氣候型態改變及健康衝擊，部分國家亦針對此，發展出相對應的預警及應變之機制。如法國與義大利按照溫度與死亡的相關性，發布高溫預警（Pascal et al., 2006; Michelozzi et al., 2010）；英國則由依該地區之溫度機率，來發布預警之溫度（Matthies and Menne, 2009）。Xu and Tong (2017) 研究澳洲三大城市的死亡與溫度的關聯，發現不同溫度指標在不同都市型態下與死亡的相關性不同，因此，應以都市為單位發展早期預警指標。例如在布里斯本，日均溫比最高溫更適合作為指標，且在熱浪強度不高時，2日期間的熱浪比長期的熱浪更有害（Xu et al., 2018）。

台灣深受全球氣候變遷衝擊之影響，尤其是極端氣候的衝擊，包括寒害、熱浪、風災、豪大雨的發生。目前的預警系統主要是氣象單位的颱風及豪大雨的預

警及季節預報，尚未連結至健康衝擊的預警。目前，各國的預警系統著重熱浪的侵襲，尤其是歐洲國家，台灣也應該建立本土的熱危害預警。同時，傳染病的預警也是可以努力的方向。

3. 規劃研究方向

世界各國實證資料顯示預警系統是最有效的健康調適策略之一，因此，建立含括氣候、健康效應及中介影響因子的預警系統，是健康調適研究當務之急。氣候變遷下，氣象條件改變會自然及人為環境條件以及生活型態，這些環境因子及生活型態變化（中介因子）皆可能影響微生物繁殖及病媒傳播途徑，進而影響傳染病發生及其擴散範圍。同時，這些環境因子及生活型態變化亦可能影響非傳染性疾病之發生率、住院率及死亡率。如高溫加上都市熱島效應及通風不良的建築會導致中暑人數暴增、或原有循環系統疾病者就診率增加等。因此，需要結合跨領域專長，建置氣候健康衝擊（包含傳染病及非傳染病）之整合性預警模式。

由文獻探討可知，學界對於氣候變遷對各類疾病就診率、住院率或死亡率的探討雖然不少，但較少連結至綜合氣象與健康之整合性預警系統。為了建立有效的整合性預警系統，須先利用過去歷史資料，建立氣象條件、自然環境因子、及疾病就診率、住院率或死亡率之關係，並找出重要氣象條件、環境因子及疾病之閾限值（thresholds），做為預警系統之基礎。

「建立氣候健康衝擊之整合性預警系統」研究內容需包括以下幾個重點：

- (1) 探討極端天候條件對某一類重要傳染病或非傳染性疾病就診率、住院率或死亡率之影響，並探討自然或人為環境因子或生活型態因子之中介效果；
- (2) 彙整預警模式所需的資料庫，例如氣象資料、中介因子（與健康衝擊或調適相關的環境因子或生活型態因子）、健康衝擊等；
- (3) 建立合適的環境、健康衝擊及中介因子評量的指標，以應用於預警模式；
- (4) 以系統性方法結合跨領域專長，共同建置氣候健康衝擊之整合性預警模式；
- (5) 建立相關機制，邀請利害相關人（政府單位、民眾、產業界皆可）參與提供其觀點，以利預警模式之應用；
- (6) 以實證資料檢驗所建置預警模式的適用條件、準確性及誤差範圍；做為建立預警系統之政策。

(二) 具有減緩氣候變遷與促進健康之共效益（co-benefit）健康調適策略

國際研究趨勢愈來愈著重具有減緩氣候變遷與促進健康之共效益（co-benefit）

健康調適策略研究。「共效益策略」是指某一策略可同時使兩方面獲得好處。在氣候變遷衝擊方面，特別是指可同時達成延緩氣候變遷以及促進健康的目標之策略。

「共效益策略」以源頭治理的概念，由根本來改善影響氣候變遷與健康的建成環境因子；例如：節能且保障健康之建築設計、綠色或主動運輸、低碳健康生活型態、各類環境友善且促進健康（含飲水安全及糧食安全）之規劃或技術發展、減碳與減少空污排放之策略、永續健康城市規劃等等，亦需考量各國當地氣候及基礎設施條件，來研擬可行的本土健康調適策略。以下就「建成環境對自然環境衝擊」及「共效益策略」研究，探討研究現況及科學缺口，並提出未來規劃方向。

1. 建成環境對自然環境衝擊之研究現況

都市為人類活動高度集聚之處，不僅是人口、建築、交通、工業、物流的集中地，同時也是高耗能、高碳排放之處（Kennedy et al., 2009），根據IPCC（2014）的統計，全球大都市消耗的能源占全球的75%，溫室氣體排放量占全球的80%，對氣候變遷貢獻甚大。而都市隨著不斷地向外擴張，常變更周邊原本的綠地（含林地、草地、農地）等環境敏感地區成為吸熱及不透水的水泥地表（Galster et al., 2001），如此不僅破壞其環境及生態系統，更加劇氣候變遷的衝擊。

在建成環境與自然環境的影響關係中，都市發展型態與其居民的生活型態，皆使都市整體對於各種資源與能源消耗型態產生影響（如水資源、電力消耗等），同時也會衍生許多污染及廢棄物（如空氣污染、水污染、土壤污染等），對於環境產生衝擊，進而對大眾健康造成威脅。例如在都市發展型態中，若都市機能與發展定位偏重於工業相關面向（如製造之都、礦業之城），則環境污染與碳排放量亦較高（Bi et al., 2011; Price et al., 2013; Feng et al., 2015）。都市密度愈高，愈易產生環境外部性，如都市內部交通堵塞，車輛走走停停所造成的引擎空轉，會增加空氣污染及二氧化碳排放。另外，都市規模愈大，會增加環境污染及碳排放量（Glaeser and Kahn, 2010; Feng et al., 2015）。Marcotullio et al.（2012）亦提到不同的都市生活方式，可能會使都市規模對環境的負面影響有所不同。上述建成環境對自然環境之影響，將會透過前述自然環境對健康之影響，進一步對大眾健康產生衝擊。

好的都市規劃則可以降低人類發展對自然環境及健康的衝擊。例如，土地使用混合的設計，造成各活動旅次的距離降低；另外，也造成順道旅次機會的增加，並減少旅次產生數，更促使公共交通系統和步行的使用度，故因而減少減少空氣污染及二氧化碳排放量（Glaeser and Kahn, 2010; Gu et al., 2013; Shahraki and Turkey, 2014; Shekarrizfard et al., 2015; Rosu et al., 2016）；都市高密度發展可縮短旅行距

離，並可促使更廣泛地使用公共交通系統和步行，減少二氧化碳排放量與空氣污染（Grazi et al., 2008; Glaeser and Kahn, 2010; Marcotullio et al., 2012）；緊密的都市發展，在家戶能源消耗（如供暖）上較節約，亦排放較少二氧化碳量（Liu and Sweeney, 2012）。此外，在綠地及綠化基盤設施上，因其植栽除可將空氣中的污染物過濾、稀釋外，更能吸收空氣中的二氧化碳，將有機碳轉化為生物能用以成長，並以氧的形式排出，是故，對於淨化空氣具有正面之影響（Jo, 2002; Yang et al., 2005; Vaccari et al., 2013），再加上具有調節溫度之功能，故在降低心血管疾病死亡率（Shen and Lung, 2016）與呼吸系統疾病（Shen and Lung, 2017）極具效果。由於建成環境對健康可能有正向及負向之影響，這方面研究應著重如何規劃有效策略強化正向影響，而減少負向影響。

2. 共效益策略之研究現況

最早的共效益研究，著重於減少空氣污染排放對延緩氣候變遷及促進健康之探討。整體而言，減少溫室氣體的排放皆伴隨著減少其它空氣污染物（如微粒、硫酸氣、揮發性有機物質等）的排放，因此，會減少對健康的影響。Nemet et al.（2010）倡導在氣候政策評估納入空氣品質的共效益考量，並針對這種做法的限制及機會進行探討。以往研究顯示，減少溫室氣體排放量，同時也可減少空氣污染排放及伴隨的健康損害，但學界却很少在氣候政策中綜合性評估及考量整體成本估算。Nemet等人建議應考慮納入於氣候政策中共效益的面向，包括最適當政策、總計成本、分配效應、穩定利率、國際合作機制、氣候調適價值、未考量的損失（如制度障礙）、健康衝擊等等，如此才能更好地評估氣候變遷政策的整體效益。Thompson et al.（2014）提出了一個系統性方法來評估空氣品質及溫室氣體減排之共效益，並以降低空氣污染物質臭氧和懸浮微粒濃度做為健康效益指標。其研究結果發現，空氣品質改善所產生的健康共效益，可抵消碳排放政策成本。Patz et al.（2014）強調健康與氣候變遷是密不可分的，並以文獻探討來整理釐清氣候變遷與健康/疾病間的關係，再透過氣候模型預測2046至2065年的日最高氣溫降尺度概率分佈及其可能影響。結果顯示，到了2050年，美國許多城市可能會出現更頻繁的極端高溫天，而高溫亦與臭氧超標天相關。氣候變遷亦會衍生相關之疾病，包括熱相關的疾病、呼吸系統疾病、感染性疾病、精神健康障礙等等。因此，以健康觀點，更應該強化減緩氣候變遷的方案，來降低對整體健康的衝擊。

國外一些學者也應用整合型評估的方式，來探討此種共效益。West et al.（2013）使用模式模擬考量空氣污染物的長程輸送、長期人口變化、隨氣候變化而

改變的空氣品質等因子，透過兩種機制（降低空氣污染物質、減緩氣候變化及其對空氣品質及健康影響）去模擬共效益。結果顯示，全球溫室氣體減排，於2030、2050、2100年可分別避免 0.5 ± 0.2 、 1.3 ± 0.5 、 2.2 ± 0.8 百萬人的死亡，而其平均邊際效益為50–380 US\$/ 每公噸的CO₂。Rao et al. (2013) 透過一整合環境大氣、能源使用、及經濟的模型，探討當前空污、氣候變遷與清潔燃料之政策，如何去降低空氣污染和改善人類的健康。結果顯示同時考量全球氣候變遷及空氣品質立法，對於解決室外空氣污染深具影響力。而嚴格的室外空污、氣候變遷與清潔燃料之整合政策，對於降低空氣污染及保障健康是有益的。McCollum et al. (2013) 則利用一整合性模式來評估三個關鍵目標與發展，包括能源安全的改善、氣候變化的減緩、及空氣污染的減少與其對人類健康之影響。他們研究結果顯示，減碳可同時改善空氣品質，進而降低全球疾病死亡狀態。反向而言，Bhanarkar et al. (2018) 亦評估印度德里的空氣管理策略對未來空氣品質的可能影響，並指出空氣污染的管制政策亦有減少碳排放的共效益。因此，由氣候變遷政策共效益分析，可量化此政策確可節省巨大經濟成本，包含減少健康成本支出。Anenberg et al. (2012) 更細緻地分析甲烷和黑碳排放控制措施，對氣候變遷、空氣品質及公眾健康的共同效益，並以死亡率做為量化指標。結果顯示，甲烷和黑碳排放控制措施，可降低兩種污染物（對流層臭氧和黑碳）的濃度，除有益於全球和區域氣候外，對於空氣品質及公眾健康亦具有共效益。

Kim et al., (2018) 評估以韓國蔚山工業區的廢熱供作都市能源的共效益，指出工業區-都市之熱共生網絡，可同時有效減少燃油成本以及碳排放。此外，亦有學者針對都市規劃、交通建設及住宅使用能源不同部門進一步分析，以改善這些都市基礎設施，建設有益健康的都市居住環境，來降低減少氣候變遷對健康的衝擊。基於都市建築的吸熱及阻擋氣流流動的特性而造成的都市熱島效應，會因為氣候變遷而強化，因此加重都市人們所感受的熱壓力，Harlan and Ruddell (2011) 分析由於全球氣候變遷、都市熱島與空氣污染間之相互作用，使得都市健康負擔成為公共健康領域中逐漸受到重視之挑戰。他們著重在以減緩及調適氣候變遷為目的之都市風險管理計畫，希望除了能夠透過改變建成環境，達到預期目標外，更能藉由降低空污排放及溫度，進一步產生健康面向之共效益。在交通運輸層面，Wilkinson et al. (2009) 透過風險評估方法，分析英國倫敦和印度德里兩城市的陸路運輸方案對健康之影響。結果指出，在同樣都能減少二氧化碳排放量的基礎上，主動運輸（active travel）和低排放機動車的組合方案效益最大，在倫敦可降低每年每百萬人口7,439傷殘調整壽命年（disability-adjusted life-years, DALYs），在德里可降

低12,995傷殘調整壽命年。特別是在缺血性心臟疾病的減少上，在倫敦可降低10-19%，在德里可降低11-25%。這類文獻都指出交通部門的策略，除了原先促進大眾運輸行的便利的目的外，亦能降低空氣污染，而有利於公眾健康的提昇。因此，學者們都提倡應鼓勵注重健康整體性的交通政策，這樣會比只關注於低排放汽車的政策，更能提供公眾健康之益處。Wilkinson et al. (2009) 則著重於住宅使用能源改善行動，來檢驗其對減緩氣候變遷衝擊及提昇公眾健康的共效益。本研究以英國住房能源效率，以及印度1.5億的低排放戶鍋灶為例，進行分析。結果顯示，在英國住房能源效率上，一般每年每百萬人可節省0.6兆噸CO₂的排放，亦可減少850傷殘調整壽命年，而在印度的爐灶方案，更顯示出對兒童急性下呼吸道感染、慢性阻塞性肺疾病、缺血性心臟疾病具重大效益。因此，家庭能源改善措施對於健康及氣候變遷減緩等目標具有潛力。

3. 規劃研究方向

自IPCC強調這類具有減緩氣候變遷與促進健康之共效益 (co-benefit) 健康調適策略研究以後，國際相關研究愈來愈多，我國亟需本土的共效益健康調適策略研究及示範計畫。由於建成環境對健康可能有正向及負向之影響，共效益策略研究應以科學方法探討建成環境、自然環境及健康間之交互作用，並著重探究可強化正向影響並減少負向影響之政策介入點。這類研究需仰賴學者以宏觀角度進行跨領域整合性研究，以源頭治理的概念，由根本改善影響氣候變遷與健康的環境因子，亦需考量我國當地氣候及基礎設施條件，來研擬可行的本土健康調適策略。

「具有減緩氣候變遷與促進健康之共效益健康調適策略」未來整合性研究方向，應包括以下數項重點：

- (1) 以系統性方法進行某一項共效益健康調適策略對減緩氣候變遷及促進健康之定量共效益評估 (例如：估計減碳效果及健康效益，甚或是經濟效益)；
- (2) 探討會影響共效益健康調適策略的中介因素，以及政策可能介入的中介點；
- (3) 評估建置跨領域「共效益健康調適策略」垂直整合模式系統之可行性；
- (4) 以實例探討氣候變遷情境下，運用此共效益健康調適策略之可能成效、重要中介因子之影響及不同策略規劃對減緩氣候變遷及促進健康的效益差異性；
- (5) 建立相關機制，邀請利害相關人 (政府單位、民眾、產業界皆可) 參與提供其觀點，以提高共效益健康調適策略之可行性；
- (6) 提出適合本土、有效可行之共效益健康策略，以及其適用條件與配套措施。

(三) 新型態氣候變遷與健康調適之衛生教育或健康促進工具發展及策略研究

「氣候變遷與健康調適」科學研究除了建立預警系統及具共效益的健康調適策略之外，為了讓氣候變遷與健康衝擊及調適之科學知識，實際提昇一般大眾之健康認知及其因應能力，以促進健康，保障易感族群，降低氣候變遷對健康衝擊之風險；還必須發展新型態的衛生教育及健康促進之科學工具及策略，考量不同社經條件之易感受族群及所在區域的特性，建立不同知識擴散管道，並善用最新資通訊技術，建立產業界、政府部門、學研單位、及民眾間溝通橋樑；強化互動式參與，做為跨域合作進行健康調適策略研擬及行動方案之基礎。以下簡介此方面之研究現況及科學缺口。

1. 研究現況

在建成環境及民眾行為對健康衝擊方面，許多研究發現建成環境與肥胖、慢性病、營養不良、身體活動有關，而都市土地使用型態、運輸系統、設施區位往往是其中的關鍵（Handy et al., 2002; Ewing et al., 2003; Frank et al., 2004; Sallis et al., 2004; Zapata-Diomedes and Veerman, 2016）。在建成環境、身體活動與健康間之關係上，Frank et al. (2004)、Sallis et al. (2004) 皆指出都市化程度、混合型土地利用、街道連結性等環境皆會影響居民的身體活動；而都市設計與交通設施等社區物理環境則是預測不同年齡層或性別身體活動及肥胖的重要因素。而Ewing et al. (2003) 的研究也發現控制人口學變項及健康行為的共變項後，都市規劃不良的城市人口密度低且街道的連結性、可近性較低，則居民的肥胖率及身體質量指數（BMI）可能較高。另外，Addy et al. (2004) 則針對1194位18歲以上的成人自覺鄰里環境對身體活動的影響的研究，發現自覺鄰里是活躍的、人行道的可近性以及附近有購物場者有比較規律的步行行為。在建築設計方面，Frumkin (2003) 歸納出建築設計及公共空間的建設對生理健康與病情控制有很大的影響。其中，建築的建材、室內設計與清潔、良好的空調系統、保持空氣流通與溼度都是影響生理健康的因素。而在建成環境公害方面，Balfour and Kaplan (2002) 對883位參加Alameda County Study的55歲以上的老人調查鄰里環境（交通、噪音、垃圾及廢棄物）與身體功能的關係，結果發現控制個人背景、社經地位、健康狀況及危險因子後，自述社區環境有問題者有較高的失能比率。因此，適宜生活環境會直接影響人的壽命與健康。

另外，建成環境亦與個人心理健康息息相關（McAndrew, 1993; Bell et al.,

2001)。Gee and Takeuchi (2004) 在交通壓力對健康的影響研究中，發現控制了個人社經地位後，自覺交通壓力高者有較差的健康狀態及較多的憂鬱症狀。其中，居住在交通負擔最大的地區的居民，其自述健康狀況最差且有較多的憂鬱症狀。而 Wilson et al. (2004) 在調查1504位18歲以上成人的自覺鄰里物理環境與個人健康、罹患慢性病及情緒困擾之關係後，發現控制個人人口學背景及社經地位後，不喜歡其鄰里物理環境的居民，其自覺健康狀態較差。另外，綠地在心理健康上，具有降低心理壓力負荷、獲得滿意度與幸福感 (De Vries et al., 2003; Grahn and Stigsdotter, 2003; Gobster and Westphal, 2004; Jennings and Gaither, 2015) 等機能。

2. 規劃研究方向

在「新型態氣候變遷與健康調適之衛生教育或健康促進工具發展及策略」研究方向上，雖有不少學者探討建成環境及民眾行為對健康衝擊之議題，但較少提出提出新型態科學工具及策略，以提高民眾在此方面的認知，來強化自身行為之改善，進而促進健康。因此，未來應強化衛生教育及健康促進之新型態科學工具及策略之發展與建立。以下提出一些可能的研究方向，最主要的目的，是希望學界藉由跨領域團隊的腦力激盪，發展新科學工具，來加強民眾相關意識，來促成人為建成環境之健全、提昇自然環境之保護、並促進自我健康。以下是這方面之可能之研究方向：

- (1) 開發個人式智慧型健康管理工具。為達到降低氣候變遷對健康衝擊之風險的目的，可透過個人式智慧型健康工具進行監控與管理。因此，未來研究面向除了個人式智慧型健康管理工具之開發外，更須以實例評量此工具準確性、穩定性、適用環境條件、適合之使用族群等等，以建立確實可行之個人式智慧型健康管理工具。為了強化此科學工具之實用性，在發展過程中，應建立相關機制，邀請利害相關人（政府單位、民眾、產業界皆可）參與提供其觀點，以提高健康促進科學工具及策略之可行性。再者，如何應用此項工具與相關政策相結合，藉此降低氣候變遷對於健康之衝擊，亦是未來值得深入探討之研究面向。
- (2) 建置互動式健康調適資訊平台。為使產業界、政府部門、學研單位、及民眾間能有效率地溝通，未來研究面向可涵括建置互動式健康調適資訊平台，並應強化互動式參與或互動式地圖展示，以推廣跨界合作進行健康調適介入措施；亦應強化資料加值運用，做為跨界合作共同研擬有效健康調適策略及行動方案之基礎。
- (3) 其它以各種新穎科學工具，協助強化衛生教育及健康促進，並建立有效之健康

調適策略或行動方案的科學研究，皆可納入此方向。此方向研究之最終目的，是實際提昇一般大眾之健康認知及其因應能力，以促進健康，保障易感族群，降低氣候變遷對健康衝擊之風險。

(四) 深化本土氣候變遷與健康調適研究之科學能量

以上三大研究方向，皆著重跨領域整合性的群體研究。而在「深化本土氣候變遷與健康調適研究之科學能量」方面，則強調培養年輕學者，鼓勵其在個別領域中，以所學的最新科學方法，探究在圖2中各個環節中仍未知的科學議題。由於氣候變遷對於世界各地衝擊的空間變異度很大，必須要深刻了解本土的氣候變遷趨勢，以及對於本土各類健康條件的衝擊重點，才能對症下藥，研擬最有效的調適策略。目前，在本土氣候變遷與健康衝擊及調適研究領域，仍有不少缺口，需要進一步探索及深入研究。譬如透過新研發的微型感測裝置或透過遙測衛星資料，獲取更細緻之資料以進行分析；又或者透過大數據的分析技術，剖析資料以求得新的研究發現。因此，亟需年輕研究學者引進新的科學工具或針對某一環節深入探討，做為未來建置預警系統、研擬共效益健康調適策略及新型態健康促進策略之基礎。

「深化本土氣候變遷與健康調適研究之科學能量」之未來研究方向如下：

1. 探討極端天候事件是否會對前人未研究過之疾病造成影響。某類可能受氣候衝擊之健康傷害或疾病，其衝擊效應或中介因素可能尚缺乏研究，以致尚無法建立預警系統或調適策略。因此，此課題是強調探討極端天候事件是否對前人未研究過之疾病的發生率、就診率或死亡率造成影響，以及其衝擊程度；亦應探究受影響族群特徵及其高風險與高脆弱族群之分佈。同時，亦包括有效調適及健康促進策略之可行性評估。此一研究方向是進一步檢視是否本土有任何特殊的、可能被忽略的氣候衝擊之健康傷害或疾病，並研擬適合本土的調適策略。
2. 探討天候條件、健康中介因子、及某類健康衝擊間之交互影響。由於在研擬共效益健康調適策略時，某些因子間交互作用可能尚無法完全釐清，以致無法研擬可行之共效益健康調適策略。因此，此課題是強調探討天候條件、健康中介因子、及某類健康衝擊間之交互關係，與其健康衝擊程度；同時探討受影響族群特徵及其高風險與高脆弱族群之分佈。最重要的是需包括中介因子效果之分析，以及有效調適及健康促進策略之可行性評估，以利健康調適策略之擬定與執行。此一研究方向是立基於本土氣候變遷趨勢、環境特殊性的條件下，探討健康中介因子及某類健康衝擊間之交互關係，以及本土高脆弱族群之特性及分佈，再加以研擬適合本土的調適策略。

3. 引進新的科學工具，強化上述議題之深入分析。若是本土尚缺乏合適之科學模式或工具，以提昇某項重要氣候變遷與健康衝擊及調適之健康促進認知等等，則需引進新的科學工具，強化上述議題之深入分析。並評量此科學工具之適用條件、可移轉性及其侷限，以利評估是否確實能應用於本土之健康調適策略之擬定與執行。

三、總 結

「氣候變遷與健康調適」係全球性議題，但又必須考量本土之國情特殊性，以利科學成果能有效轉化為本土健康調適策略之擬定與執行。我們評析國際趨勢、本土政策需求、以及科學研究缺口，提出以上科學計畫。我們依據國際科研活動「未來地球」(Future Earth, 2013)的共同設計(co-design)、「都市健康」的系統性研究方法、及國內「氣候變遷之健康調適」行動方案之政策需求，除強調跨領域學者的合作外，更應考量各利害關係人的意見與參與，並將研究成果作交流分享與實務上的應用。同時，基於氣候變遷對公眾健康衝擊之影響甚鉅且刻不容緩，故在進行相關議題研究之過程中，除強調與國際接軌外，更應考量本土應用性，兼具研究價值與政策實用性，使研究成果更能對國內發展提出有效的健康調適政策建議。讓「氣候變遷與健康調適」科學研究不僅與國際相關研究並駕齊驅，更能有效降低氣候變遷對台灣社會的健康衝擊！

參考文獻

- Addy, C. L., D. K. Wilson, K. A. Kirtland, B. E. Ainsworth, P. Sharpe, and D. Kimsey, 2004, Associations of Perceived Social and Physical Environmental Supports with Physical Activity and Walking Behavior, *American Journal of Public Health*, 94, pp. 440-443.
- Anenberg, S. C., J. Schwartz, D. Shindell, M. Amann, G. Faluvegi, Z. Klimont, G. Janssens-Maenhout, L. Pozzoli, R. Van Dingenen, E. Vignati, L. Emberson, N. Z. Muller, J. J. West, M. Williams, V. Demkine, W. K. Hicks, J. Kuylenstierna, F. Raes, and V. Ramanathan, 2012, Global Air Quality and Health Co-Benefits of Mitigating Near-term Climate Change through Methane and Black Carbon Emission Controls, *Environmental Health Perspectives*, pp. 120, 831-839.

- Auld, H., J. Klassen, and M. Geast, 2001, Report on an Assessment of the Historical Significance of Rainfalls in the Walkerton Area during May, 2000, Environment Canada, Canada.
- Bai, X., A. Surveyer, T. Elmqvist, F. W. Gatzweiler, B. Güneralp, S. Parnell, A. H. Prieur-Richard, P. Shrivastava, J. G. Siri, M. Stafford-Smith, J. P. Toussaint, and R. Webb, 2016, Defining and Advancing a Systems Approach for Sustainable Cities, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 23, pp. 69-78.
- Balfour, J. L. and G. A. Kaplan, 2002, Neighborhood Environment and Loss of Physical Function in Older Adults: Evidence from the Alameda County Study, *American Journal of Epidemiology*, 155, pp. 507-515.
- Basu, R., D. Pearson, B. Malig, R. Broadwin, and R. Green, 2012, The Effect of High Ambient Temperature on Emergency Room Visits, *Epidemiology*, 23, pp. 813-820.
- Beelen, R., M. Stafoggia, O. Raaschou-Nielsen, Z. J. Andersen, W. W. Xun, K. Katsouyanni, K. Dimakopoulou, B. Brunekreef, G. Weinmayr, B. Hoffmann, K. Wolf, E. Samoli, D. Houthuijs, M. Nieuwenhuijsen, A. Oudin, B. Forsberg, D. Olsson, V. Salomaa, T. Lanki, T. Yli-Tuomi, B. Oftedal, G. Aamodt, P. Nafstad, U. De Faire, N. L. Pedersen, C. G. Ostenson, L. Fratiglioni, J. Penell, M. Korek, A. Pyko, K. T. Eriksen, A. Tjønneland, T. Becker, M. Eeftens, M. Bots, K. Meliefste, M. Wang, B. Bueno-de-Mesquita, D. Sugiri, U. Kramer, J. Heinrich, K. de Hoogh, T. Key, A. Peters, J. Cyrys, H. Concin, G. Nagel, A. Ineichen, E. Schaffner, N. Probst-Hensch, J. Dratva, R. Ducret-Stich, A. Vilier, F. Clavel-Chapelon, M. Stempfelet, S. Grioni, V. Krogh, M. Y. Tsai, A. Marcon, F. Ricceri, C. Sacerdote, C. Galassi, E. Migliore, A. Ranzi, G. Cesaroni, C. Badaloni, F. Forastiere, I. Tamayo, P. Amiano, M. Dorronsoro, M. Katsoulis, A. Trichopoulou, P. Vineis, and G. Hoek, 2014, Long-term Exposure to Air Pollution and Cardiovascular Mortality: An Analysis of 22 European Cohorts, *Epidemiology*, 25, pp. 368-378.
- Bhanarkar, A. D., P. Purohit, P. Rafaj, M. Amann, I. Bertok, J. Cofala, P. S. Rao, B. H. Vardhan, G. Kiesewetter, R. Sander, W. Schöpp, D. Majumdar, A. Srivastava, S. Deshmukh, A. Kawarti, and R. Kumar, 2018, Managing Future Air Quality in Megacities: Co-benefit Assessment for Delhi, *Atmospheric Environment*, 186, pp. 158-177.

- Bi, J., R. R. Zhang, H. K. Wang, M. M. Liu, and Y. Wu, 2011, The Benchmarks of Carbon Emissions and Policy Implications for China's Cities: Case of Nanjing, *Energy Policy*, 39, pp. 4785-4794.
- Bobb, J. F., Z. Obermeyer, Y. Wang, and F. Dominici, 2014, Cause-specific Risk of Hospital Admission Related to Extreme Heat in Older Adults, *Jama-Journal of the American Medical Association*, 312, pp. 2659-2667.
- Brook, R. D., 2008, Cardiovascular Effects of Air Pollution, *Clinical Science*, 115, pp. 175-187.
- Brook, R. D., B. Franklin, W. Cascio, Y. L. Hong, G. Howard, M. Lipsett, R. Luepker, M. Mittleman, J. Samet, S. C. Smith, and I. Tager, 2004, Air Pollution and Cardiovascular Disease - A Statement for Healthcare Professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association, *Circulation*, 109, pp. 2655-2671.
- Brunetti, N. D., D. Amoruso, L. De Gennaro, G. Dellegrottaglie, G. Di Giuseppe, G. Antonelli, and M. Di Biase, 2014, Hot Spot: Impact of July 2011 Heat Wave in Southern Italy (Apulia) on Cardiovascular Disease Assessed by Emergency Medical Service and Telemedicine Support, *Telemedicine and E-Health*, 20, pp. 272-281.
- Chen, M. J., C. Y. Lin, Y. T. Wu, P. C. Wu, S. C. Lung, and H. J. Su, 2012, Effects of Extreme Precipitation to the Distribution of Infectious Diseases in Taiwan, 1994-2008, *PloS One*, 7, pp. e34651.
- Chen, N. T., M. J. Chen, C. Y. Guo, K. T. Chen, and H. J. Su, 2014, Precipitation Increases the Occurrence of Sporadic Legionnaires' Disease in Taiwan, *PloS One*, 9, pp. e114337.
- Cheng, J., Z. Xu, H. Bambrick, H. Su, S. Tong, and W. Hu, 2018, Heatwave and Elderly Mortality: An Evaluation of Death Burden and Health Costs Considering Short-term Mortality Displacement, *Environment International*, 115, pp. 334-342.
- Chung, J. Y., Y. Honda, Y. C. Hong, X. C. Pan, Y. L. Guo, and H. Kim, 2009, Ambient Temperature and Mortality: An International Study in Four Capital Cities of East Asia, *Science of the Total Environment*, 408, pp. 390-396.
- Chung, Y., Y. H. Lim, Y. Honda, Y. L. L. Guo, M. Hashizume, M. L. Bell, B. Y. Chen, and H. Kim, 2015, Mortality Related to Extreme Temperature for 15 Cities in Northeast Asia, *Epidemiology*, 26, pp. 255-262.

- De Sario, M., K. Katsouyanni, and P. Michelozzi, 2013, Climate Change, Extreme Weather Events, Air Pollution and Respiratory Health in Europe, *European Respiratory Journal*, 42, pp. 826-843.
- De Vries, S., R. A. Verheij, P. P. Groenewegen, and P. Spreeuwenberg, 2003, Natural Environments - Healthy Environments? An Exploratory Analysis of the Relationship between Greenspace and Health, *Environment and Planning, A* 35, pp. 1717-1731.
- Dong, G. H., Z. Qian, J. Wang, W. Chen, W. Ma, E. Trevathan, P. K. Xaverius, R. DeClue, A. Wiese, M. Langston, M. M. Liu, D. Wang, and W. H. Ren, 2013, Associations between Ambient Air Pollution and Prevalence of Stroke and Cardiovascular Diseases in 33 Chinese Communities, *Atmospheric Environment*, 77, pp. 968-973.
- Eastering, D. R., G. A. Meehl, C. Parmesan, S. A. Changnon, T. R. Karl, and L. O. Mearns, 2000, Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts, *Science*, 289, pp. 2068-2074.
- Ebi, K. L. and J. A. Paulson, 2007, Climate Change and Children, *Pediatric Clinics of North America*, 54, pp. 213-226.
- Ewing, R., T. Schmid, R. Killingsworth, A. Zlot, and S. Raudenbush, 2003, Relationship between Urban Sprawl and Physical Activity, Obesity, and Morbidity, *American Journal of Health Promotion*, 18, pp. 47-57.
- Feng, C., X. N. Gao, J. Wu, Y. T. Tang, J. F. He, Y. Q. Qi, and Y. S. Zhang, 2015, Greenhouse Gas Emissions Investigation for Towns in China: A Case Study of Xiaolan, *Journal of Cleaner Production*, 103, pp. 130-139.
- Franchini, M. and P. M. Mannucci, 2012, Air Pollution and Cardiovascular Disease, *Thrombosis Research*, 129, pp. 230-234.
- Frank, L. D., M. A. Andresen, and T. L. Schmid, 2004, Obesity Relationships with Community Design, Physical Activity, and Time Spent in Cars, *American Journal of Preventive Medicine*, 27, pp. 87-96.
- Future Earth, 2013, *Future Earth Initial Design: Report of the Transition Team*. Paris: International Council for Science (ICSU).
- Galster, G., R. Hanson, M. R. Ratcliffe, H. Wolman, S. Coleman, and J. Freihage, 2001, Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept, *Housing Policy Debate*, 12, pp. 681-717.

- Gee, G. C. and D. T. Takeuchi, 2004, Traffic Stress, Vehicular Burden and Well-being: A Multilevel Analysis, *Social Science & Medicine*, 59, pp. 405-414.
- Glaeser, E. L. and M. E. Kahn, 2010, The Greenness of Cities: Carbon Dioxide Emissions and Urban Development, *Journal of Urban Economics*, 67, pp. 404-418.
- Gobster, P. H. and L. M. Westphal, 2004, The Human Dimensions of Urban Greenways: Planning for Recreation and Related Experiences, *Landscape and Urban Planning* 68, pp. 147-165.
- Grahn, P. and U. A. Stigsdotter, 2003, Landscape Planning and Stress, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2, pp. 1-18.
- Grazi, F., J. van den Bergh, and J. N. van Ommeren, 2008, An Empirical Analysis of Urban Form, Transport, and Global Warming, *Energy Journal*, 29, pp. 97-122.
- Green, R. S., R. Basu, B. Malig, R. Broadwin, J. J. Kim, and B. Ostro, 2010, The Effect of Temperature on Hospital Admissions in Nine California Counties, *International Journal of Public Health*, 55, pp. 113-121.
- Gronlund, C. J., A. Zanobetti, J. D. Schwartz, G. A. Wellenius, and M. S. O'Neill, 2014, Heat, Heat Waves, and Hospital Admissions among the Elderly in the United States, 1992-2006, *Environmental Health Perspectives*, 122, pp. 1187-1192.
- Gu, Z. H., Q. Sun, and R. Wennersten, 2013, Impact of Urban Residences on Energy Consumption and Carbon Emissions: An Investigation in Nanjing, China, *Sustainable Cities and Society*, 7, pp. 52-61.
- Gubler, D. J., 1998, Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever, *Clinical Microbiology Reviews*, 11, pp. 480-496.
- Handy, S. L., M. G. Boarnet, R. Ewing, and R. E. Killingsworth, 2002, How the Built Environment Affects Physical Activity - Views from Urban Planning, *American Journal of Preventive Medicine*, 23, pp. 64-73.
- Harlan, S. L. and D. M. Ruddell, 2011, Climate Change and Health in Cities: Impacts of Heat and Air Pollution and Potential Co-benefits from Mitigation and Adaptation, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3, pp. 126-134.
- Hintsala, H., A. Kandelberg, K. H. Herzig, H. Rintamaki, M. Mantysaari, A. Rantala, R. Antikainen, S. Keinanen-Kiukaanniemi, J. J. K. Jaakkola, and T. M. Ikaheimo, 2014, Central Aortic Blood Pressure of Hypertensive Men during Short-term Cold Exposure, *American Journal of Hypertension*, 27, pp. 656-664.

- Hoek, G., B. Brunekreef, P. Fischer, and J. van Wijnen, 2001, The Association between Air Pollution and Heart Failure, Arrhythmia, Embolism, Thrombosis, and Other Cardiovascular Causes of Death in a Time Series Study, *Epidemiology*, 12, pp. 355-357.
- Hoxie, N. J., J. P. Davis, J. M. Vergeront, R. D. Nashold, and K. A. Blair, 1997, Cryptosporidiosis-associated Mortality following a Massive Waterborne Outbreak in Milwaukee, Wisconsin, *American Journal of Public Health*, 87, pp. 2032-2035.
- Hunt, A., J. Ferguson, M. Baccini, P. Watkiss, and V. Kendrovski, 2017, Climate and Weather Service Provision: Economic Appraisal of Adaption to Health Impacts, *Climate Services*, 7, pp. 78-86.
- Huynen, M., P. Martens, D. Schram, M. P. Weijenberg, and A. E. Kunst, 2001, The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population, *Environmental Health Perspectives*, 109, pp. 463-470.
- 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*, IPCC 2014, Geneva, Switzerland.
- Jennings, V. and C. J. Gaither, 2015, Approaching Environmental Health Disparities and Green Spaces: An Ecosystem Services Perspective, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, pp. 1952-1968.
- Jo, H.-k., 2002, Impacts of Urban Greenspace on Offsetting Carbon Emissions for Middle Korea, *Journal of Environmental Management*, 64, pp. 115-126.
- Kennedy, C., J. Steinberger, B. Gasson, Y. Hansen, T. Hillman, M. Havranek, D. Pataki, A. Phdungsilp, A. Ramaswami, and G. V. Mendez, 2009, Greenhouse Gas Emissions from Global Cities, *Environmental Science & Technology*, 43, pp. 7297-7302.
- Kim, H. W., L. Dong, A. E. S. Choi, M. Fujii, T. Fujita, and H. S. Park, 2018, Co-benefit Potential of Industrial and Urban Symbiosis Using Waste Heat from Industrial Park in Ulsan, Korea, *Resources, Conservation and Recycling*, 135, pp. 225-234.
- Koopman, J. S. and I. M. Jr. Longini, 1994, The Ecological Effects of Individual Exposures and Nonlinear Disease Dynamics in Populations, *American Journal of Public Health*, 84, pp. 836-842.
- Lambrechts, L., K. P. Paaijmans, T. Fansiri, L. B. Carrington, L. D. Kramer, M. B. Thomas, and T. W. Scott, 2011, Impact of Daily Temperature Fluctuations on Dengue Virus

- Transmission by *Aedes Aegypti*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108, pp. 7460-7465.
- Lin, C. H., K. L. Schioler, M. R. Jepsen, C. K. Ho, S. H. Li, and F. Konradsen, 2012, Dengue Outbreaks in High-income Area, Kaohsiung City, Taiwan, 2003-2009, Emerging Infectious Diseases, 18, pp. 1603-1611.
- Lin, S., M. Luo, R. J. Walker, X. Liu, S. A. Hwang, and R. Chinery, 2009, Extreme High Temperatures and Hospital Admissions for Respiratory and Cardiovascular Diseases, Epidemiology, 20, pp. 738-746.
- Lin, Y. K., T. J. Ho, and Y. C. Wang, 2011, Mortality Risk Associated with Temperature and Prolonged Temperature Extremes in Elderly Populations in Taiwan, Environmental Research, 111, pp. 1156-1163.
- Lin, Y. K., Y. C. Wang, T. J. Ho, and C. A. Lu, 2013a, Temperature Effects on Hospital Admissions for Kidney Morbidity in Taiwan, Science of the Total Environment, 443, pp. 812-820.
- Lin, Y. K., Y. C. Wang, P. L. Lin, M. H. Li, and T. J. Ho, 2013b, Relationships between Cold-temperature Indices and All Causes and Cardiopulmonary Morbidity and Mortality in a Subtropical Island, Science of the Total Environment, 461, pp. 627-635.
- Liu, X. C. and J. Sweeney, 2012, Modelling the Impact of Urban Form on Household Energy Demand and Related CO₂ Emissions in the Greater Dublin Region, Energy Policy, 46, pp. 359-369.
- Mac Kenzie, W. R., N. J. Hoxie, M. E. Proctor, M. S. Gradus, K. A. Blair, D.E. Peterson, J. J. Kazmierczak, D. G. Addiss, K. R. Fox, J. B. Rose, and J. P. Davis, 1994, A Massive Outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* Infection Transmitted through the Public Water Supply, The New England Journal of Medicine, 331, pp. 161-167.
- Marcotullio, P. J., A. Sarzynski, J. Albrecht, and N. Schulz, 2012, The Geography of Urban Greenhouse Gas Emissions in Asia: A Regional Analysis, Global Environmental Change, 22, pp. 944-958.
- Matthies, F. and B. Menne, 2009, Prevention and Management of Health Hazards Related to Heatwaves, International Journal of Circumpolar Health, 68, pp. 8-22.
- McCollum, D. L., V. Krey, K. Riahi, P. Kolp, A. Grubler, M. Makowski, and N. Nakicenovic, 2013, Climate Policies Can Help Resolve Energy Security and Air

- Pollution Challenges, *Climatic Change*, 119, pp. 479-494.
- Michelozzi, P., F. K. de' Donato, A. M. Bargagli, D. D'Ippoliti, M. De Sario, C. Marino, P. Schifano, G. Cappai, M. Leone, U. Kirchmayer, M. Ventura, M. di Gennaro, M. Leonardi, F. Oleari, A. De Martino, and C. A. Perucci, 2010, Surveillance of Summer Mortality and Preparedness to Reduce the Health Impact of Heat Waves in Italy, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, pp. 2256-2273.
- Monteiro, A., V. Carvalho, T. Oliveira, and C. Sousa, 2013, Excess Mortality and Morbidity during the July 2006 Heat Wave in Porto, Portugal, *International Journal of Biometeorology*, 57, pp. 155-167.
- Nemet, G. F., T. Holloway, and P. Meier, 2010, Implications of Incorporating Air-quality Co-benefits into Climate Change Policymaking, *Environmental Research Letters*, 5.
- Olazabal, M., A. Chiabai, S. Foudi, and M. B. Neumann, 2018, Emergence of New Knowledge for Climate Change Adaptation, *Environmental Science & Policy*, 83, pp. 46-53.
- Ostro, B., S. Rauch, R. Green, B. Malig, and R. Basu, 2010, The Effects of Temperature and Use of Air Conditioning on Hospitalizations, *American Journal of Epidemiology*, 172, pp. 1053-1061.
- Pascal, M., K. Laaidi, M. Ledrans, E. Baffert, C. Caserio-Schonemann, A. Le Tertre, J. Manach, S. Medina, J. Rudant, and P. Empereur-Bissonnet, 2006, France's Heat Health Watch Warning System, *International Journal of Biometeorology*, 50, pp. 144-153.
- Patz, J. A., D. Campbell-Lendrum, T. Holloway, and J. A. Foley, 2005, Impact of Regional Climate Change on Human Health, *Nature*, 438, pp. 310-317.
- Patz, J. A., H. Frumkin, T. Holloway, D. J. Vimont, and A. Haines, 2014, Climate Change Challenges and Opportunities for Global Health, *JAMA-Journal of the American Medical Association*, 312, pp. 1565-1580.
- Pope, C. A., R. T. Burnett III, G. D. Thurston, M. J. Thun, E. E. Calle, D. Krewski, and J. J. Godleski, 2004, Cardiovascular Mortality and Long-term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease, *Circulation*, 109, pp. 71-77.

- Price, L., N. Zhou, D. Fridley, S. Ohshita, H. Y. Lu, N. N. Zheng, and C. Fino-Chen, 2013, Development of a Low-carbon Indicator System for China, *Habitat International*, 37, pp. 4-21.
- Racloz, V., R. Ramsey, S. L. Tong, and W. B. Hu, 2012, Surveillance of Dengue Fever Virus: A Review of Epidemiological Models and Early Warning Systems, *Plos Neglected Tropical Diseases*, 6, pp. e1648.
- Rao, S., S. Pachauri, F. Dentener, P. Kinney, Z. Klimont, K. Riahi, and W. Schoepp, 2013, Better Air for Better Health: Forging Synergies in Policies for Energy Access, Climate Change and Air Pollution, *Global Environmental Change*, 23, pp. 1122-1130.
- Rogers, D. J. and S. E. Randolph, 2006, Climate Change and Vector-borne Diseases, in S.I. Hay, A. Graham, and D. J. Rogers, eds., *Advances in Parasitology*, Vol 62: Global Mapping of Infectious Diseases: Methods, Examples and Emerging Applications, pp. 345-381.
- Rose, J. B., P. R. Epstein, E. K. Lipp, B. H. Sherman, S. M. Bernard, and J. A. Patz, 2001, Climate Variability and Change in the United States: Potential Impacts on Water- and Foodborne Diseases Caused by Microbiologic Agents, *Environmental Health Perspectives*, 109, pp. 211-221.
- Rosu, A., D. E. Constantin, and L. Georgescu, 2016, Air Pollution Level in Europe Caused by Energy Consumption and Transportation, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17, pp. 1-8.
- Sallis, J. F., L. D. Frank, B. E. Saelens, and M. K. Kraft, 2004, Active Transportation and Physical Activity: Opportunities for Collaboration on Transportation and Public Opportunities Health Research, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38, pp. 249-268.
- Shahraki, N. and M. Turkay, 2014, Analysis of Interaction among Land Use, Transportation Network and Air Pollution Using Stochastic Nonlinear Programming, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, pp. 2201-2216.
- Shea, K. M. and Committee on Environmental Health, 2007, Global Climate Change and Children's Health, *Pediatrics*, 120, pp. e1359-e1367.
- Sheffield, P. E., K. Knowlton, J. L. Carr, and P. L. Kinney, 2011, Modeling of Regional Climate Change Effects on Ground-level Ozone and Childhood Asthma, *American*

- Journal of Preventive Medicine, 41, pp. 251-257.
- Shekarrizfard, M., M. F. Valois, M. S. Goldberg, D. Crouse, N. Ross, M. E. Parent, S. Yasmin, and M. Hatzopoulou, 2015, Investigating the Role of Transportation Models in Epidemiologic Studies of Traffic Related Air Pollution and Health Effects, *Environmental Research*, 140, pp. 282-291.
- Shen, Y. S. and S. C. C. Lung, 2016, Can Green Structure Reduce the Mortality of Cardiovascular Diseases? *Science of the Total Environment*, 566, pp. 1159-1167.
- Shen, Y. S. and S. C. C. Lung, 2017, Mediation Pathways and Effects of Green Structures on Respiratory Mortality via Reducing Air Pollution, *Scientific Reports*, 7, pp. 42854.
- Smith, K. R., A. Woodward, D. Campbell-Lendrum, D. D. Chadee, Y. Honda, Q. Liu, J. M. Olwoch, B. Revich, and R. Sauerborn, 2014, Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-benefits, in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. L. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, eds., *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 709-754.
- Sung, T. I., M. J. Chen, and H. J. Su, 2013a, A Positive Relationship between Ambient Temperature and Bipolar Disorder Identified Using a National Cohort of Psychiatric Inpatients, *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 48, pp. 295-302.
- Sung, T. I., M. J. Chen, C. Y. Lin, S. C. Lung, and H. J. Su, 2011, Relationship between Mean Daily Ambient Temperature Range and Hospital Admissions for Schizophrenia: Results from a National Cohort of Psychiatric Inpatients, *Science of the Total Environment*, 410-411, pp. 41-46.
- Sung, T. I., P. C. Wu, S. C. Lung, C. Y. Lin, M. J. Chen, and H. J. Su, 2013b, Relationship between Heat Index and Mortality of 6 Major Cities in Taiwan, *Science of the Total Environment*, 442, pp. 275-281.
- Thompson, T. M., S. Rausch, R. K. Saari, and N. E. Selin, 2014, A systems Approach to Evaluating the Air Quality Co-benefits of US Carbon Policies, *Nature Climate Change*, 4, pp. 917-923.

- United Nations, 2017, New Urban Agenda, Resolution Adopted by the General Assembly on 23 December 2016 (Internet Edition), <http://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>. 2018.11.3
- UHW, 2016, Report of Science-Policy Dialogue on “Modeling Urban Health and Wellbeing for policy and action: Algorithms vs Institutions” (Internet Edition). http://urbanhealth.cn/Skins/Book.aspx?n_id=246&n_lx=15. 2018.11.3
- Vaccari, F. P., B. Gioli, P. Toscano, and C. Perrone, 2013, Carbon Dioxide Balance Assessment of the City of Florence (Italy), and Implications for Urban Planning, *Landscape and Urban Planning*, 120, pp. 138-146.
- Waage, J., C. Yap, S. Bell, C. Levy, G. Mace, T. Pegram, E. Unterhalter, N. Dasandi, D. Hudson, R. Kock, S. Mayhew, C. Marx, and N. Poole, 2015, Governing the UN Sustainable Development Goals: Interactions, Infrastructures, and Institutions, *Lancet Global Health*, 3, pp. e251-e252.
- Watson, J. T., M. Gayer, and M. A. Connolly, 2007, Epidemics after Natural Disasters, *Emerging Infectious Diseases*, 13, pp. 1-5.
- West, J. J., S. J. Smith, R. A. Silva, V. Naik, Y. Q. Zhang, Z. Adelman, M. M. Fry, S. Anenberg, L. W. Horowitz, and J. F. Lamarque, 2013, Co-benefits of Mitigating Global Greenhouse Gas Emissions for Future Air Quality and Human Health, *Nature Climate Change*, 3, pp. 885-889.
- Wilkinson, P., K. R. Smith, M. Davies, H. Adair, B. G. Armstrong, M. Barrett, N. Bruce, A. Haines, I. Hamilton, T. Oreszczyn, I. Ridley, C. Tonne, and Z. Chalabi, 2009, Public Health Benefits of Strategies to Reduce Greenhouse-gas Emissions: Household Energy, *Lancet*, 374, pp. 1917-1929.
- Wolf, K., A. Schneider, S. Breitner, S. von Klot, C. Meisinger, J. Cyrus, H. Hymer, H. Wichmann, and A. Peters, 2008, Air Temperature and the Occurrence of Myocardial Infarction in Augsburg, Germany, *Epidemiology*, 19, pp. s158-s158.
- Wu, P. C., H. R. Guo, S. C. Lung, C. Y. Lin, and H. J. Su, 2007, Weather as an Effective Predictor for Occurrence of Dengue Fever in Taiwan, *Acta Tropica*, 103, pp. 50-57.
- Wu, P. C., J. G. Lay, H. R. Guo, C. Y. Lin, S. C. Lung, and H. J. Su, 2009, Higher Temperature and Urbanization Affect the Spatial Patterns of Dengue Fever Transmission in Subtropical Taiwan, *Science of the Total Environment*, 407, pp. 2224-2233.

- Wu, P. C., C. Y. Lin, S. C. Lung, H. R. Guo, C. H. Chou, and H. J. Su, 2011, Cardiovascular Mortality during Heat and Cold Events: Determinants of Regional Vulnerability in Taiwan, *Occupational and Environmental Medicine*, 68, pp. 525-530.
- Xu, Z. and S. Tong, 2017, Decompose the Association between Heatwave and Mortality: Which Type of Heatwave is More Detrimental? *Environmental Research*, 156, pp. 770-774.
- Xu, Z., J. Cheng, W. Hu, and S. Tong, 2018, Heatwave and Health Events: A Systematic Evaluation of Different Temperature Indicators, Heatwave Intensities and Durations, *Science of the Total Environment*, 630, pp. 679-689.
- Yang, G. J., C. J. A. Bradshaw, P. I. Whelan, and B. W. Brook, 2008, Importance of Endogenous Feedback Controlling the Long-term Abundance of Tropical Mosquito Species, *Population Ecology*, 50, pp. 293-305.
- Yang, J., J. McBride, J. Zhou, and Z. Sun, Z., 2005, The Urban Forest in Beijing and its Role in Air Pollution Reduction, *Urban Forestry & Urban Greening*, 3, pp. 65-78.
- Zapata-Diomedes, B. and J. L. Veerman, 2016, The Association between Built Environment Features and Physical Activity in the Australian Context: a Synthesis of the Literature, *BMC Public Health*, 16, pp. 484.
- Zhang, Y., S. G. Wang, Y. X. Ma, K. Z. Shang, Y. F. Cheng, X. Li, G. C. Ning, W. J. Zhao, and N. R. Li, 2015, Association between Ambient Air Pollution and Hospital Emergency Admissions for Respiratory and Cardiovascular Diseases in Beijing: A Time Series Study, *Biomedical and Environmental Sciences*, 28, pp. 352-363.

