

計畫編號：DOH98-DC-1002

行政院衛生署疾病管制局 98 年度科技研究發展計畫

計畫名稱：氣候暖化對台灣防疫之風險與因應對策相關研究

研究報告

執行機構：國立成功大學 環境醫學研究所

計畫主持人：蘇慧貞

研究人員：吳佩芝、龍世俊、林傳堯、賴進貴、

陳國東、陳穆貞、吳宜庭

執行期間：98 年 1 月 1 日至 98 年 12 月 31 日

本研究報告僅供參考，不代表本署意見，如對外研究成果應事先徵求本署同意

目錄

| | |
|--------------------------------------|----|
| 目錄..... | 2 |
| 摘要..... | 8 |
| Abstract..... | 10 |
| 前言..... | 12 |
| 氣候變遷的現況與對人類健康的衝擊..... | 12 |
| 氣候變遷與傳染性疾病..... | 19 |
| 氣候變遷下的衝擊評估與調適..... | 28 |
| 材料與方法..... | 33 |
| 文獻收集與回顧..... | 33 |
| 常規資料收集管道之尋求..... | 34 |
| 資料分析..... | 36 |
| 空間分析方法..... | 39 |
| 建構臺灣地區氣候變遷對傳染性流行疾病影響的監視系統模式 | 41 |
| 政策上的評估..... | 42 |
| 結果..... | 44 |
| 研究資料之描述..... | 44 |
| 長期趨勢下氣象因子對氣候相關傳染病之影響..... | 47 |
| 日極端氣候下氣象因子對氣候相關傳染病之影響..... | 50 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 日均溫對傳染性疾病之影響 | 51 |
| 日雨量對傳染性疾病之影響 | 53 |
| 颱風與淹水對傳染性疾病之影響 | 58 |
| 乾旱對傳染性疾病之影響 | 62 |
| 其他社會經濟或地理因子對傳染性疾病之影響 | 64 |
| 台灣地區溫度及雨量對傳染性疾病之未來衝擊預測 | 67 |
| 討論..... | 74 |
| 研究結果討論..... | 74 |
| 台灣地區氣候變遷下的未來調適 | 78 |
| 結論與建議..... | 83 |
| 研究結論..... | 83 |
| 研究建議..... | 85 |
| 98 年度計畫重要研究成果及具體建議 | 90 |
| 附錄-專家會議紀錄..... | 100 |
| 附錄-氣候暖化對台灣防疫之風險與因應對策相關研究專家問卷... | 114 |

圖目錄

| | | |
|-----|--|----|
| 圖一 | 氣候在不同機制面上可能導致之健康損害 | 18 |
| 圖二 | 氣候變遷與蟲媒傳染性疾病之間整體相關性架構 .. | 27 |
| 圖三 | 氣候變遷對傳染性疾病之影響其分析架構 | 39 |
| 圖四 | 研究架構..... | 43 |
| 圖五 | 1998 到 2008 年間與氣候相關之法定傳染病之累積人數 | 46 |
| 圖六 | 台灣地區 4 種主要氣候相關傳染性疾病在不同溫度百分位數下 | 52 |
| 圖七 | 台灣地區 4 種主要氣候相關傳染性疾病在不同雨量百分位數下 | 55 |
| 圖八 | Nari 離台後一週降雨強度及桿菌性痢疾案例數分布 | 60 |
| 圖九 | 2005 年Haitang颱風後的類鼻疽爆發 | 61 |
| 圖十 | 2002 年小旱事件時雨量與登革熱發生數之相關 | 63 |
| 圖十一 | 1994 到 2008 年 4 主要氣候相關傳染性疾病之累積分布 | 67 |
| 圖十二 | 台灣地區恙蟲病在未來暖化下發生數之預測 | 71 |
| 圖十三 | CCCMA模型下台灣地區登革熱風險分布地圖 | 72 |

| | |
|---|----|
| 圖十四 ECHAM模型下台灣地區登革熱風險分布地圖 | 73 |
| 圖十五 HADCM3 模型下台灣地區登革熱風險分布地圖 | 73 |
| 圖十六 台灣地區埃及斑蚊分布鄉鎮區之變化 | 76 |
| 圖十七 聯合國氣候變化綱要公約中提出對理想調適策略的 訂定流程..... | 79 |
| 圖十八 台灣地區氣候變遷下健康調適之架構 | 81 |

表目錄

| | | |
|-----|--|----|
| 表一 | 異常或極端天氣事件觀測結果及模式推估結果 | 14 |
| 表二 | 南美洲氣候或氣象對傳染性疾病的影響或可能之衝擊 | 21 |
| 表三 | 全國性衝擊評估的國家之發現及適應方案 | 29 |
| 表三 | 全國性衝擊評估的國家之發現及適應方案(續) | 30 |
| 表四 | 南美洲氣候變遷下預期對健康的衝擊與調適 | 31 |
| 表五 | 氣候變遷對傳染性疾病影響之研究中預計使用之資料分類與 定義解釋 | 38 |
| 表六 | 地理空間分析中適用資料與分析之說明 | 41 |
| 表七 | 研究資料庫匯整情況 | 45 |
| 表八 | 可能與氣候因子存在關聯性之傳染性疾病 | 46 |
| 表九 | 每週累積雨量及平均溫度與週累積病例發生率之關連分析 | 47 |
| 表十 | 氣候因子在廣義加乘模型下之相對發生危險性估計 | 48 |
| 表十一 | 台灣本島 1994 到 2008 年每鄉鎮每日溫度及雨量之分布 | 51 |
| 表十二 | 不同雨量對蟲媒傳染性疾病相對發生危險之影響 | 56 |
| 表十三 | 不同雨量對腸道及水患相關傳染性疾病相對發生危險之影響 | 58 |
| 表十四 | 1993 年至 2005 年間颱風及梅雨事件總整 | 58 |
| 表十五 | 暴雨事件後一週的平均雨量對疾病病例數之空間迴歸分析 | 60 |

| | | |
|-----|----------------------------------|----|
| 表十六 | 因素負荷及解釋原是變異量之百分比 | 65 |
| 表十七 | 國內外 4 主要氣候相關傳染性疾病危險因子整理 | 65 |
| 表十七 | 國內外 4 主要氣候相關傳染性疾病危險因子整理(續) | 66 |
| 表十八 | 台灣地區 2010-2100 年平均年月均溫分布 | 72 |
| 表十九 | 台灣地區氣候變化對整體健康之衝擊 | 77 |
| 表二十 | 台灣地區未來氣候變遷下之傳染性疾病衝擊推測 | 85 |

摘要

越來越多的證據顯示，全球暖化已引起許多地區氣候系統的混亂、衝擊生態系統、並危及人類生存環境。氣候變遷所引起之微環境氣象條件變化更進一步影響死亡率、熱危害相關疾病、呼吸道相關疾病及各類傳染性疾病流行規模與流行分布。本研究透過陸續建置臺灣地區傳染性疾病監測資料庫、氣象資料庫、人口、各類疾病地理分布屬性資料庫、病媒蚊指數資料庫，針對氣象因子對於蟲媒、腸道及水患相關傳染性疾病進行空間分佈與流行規模之大小進行評估探討。

研究發現氣候變化對台灣地區傳染性疾病之衝擊，發現溫度的上升將連帶使相關傳染性疾病發生風險提高，而在特定延遲週數之下，當週均溫上升 1°C 可使登革熱發生風險將相對增加7倍，對腸病毒重症、桿菌性痢疾及恙蟲病也相對會有10-32%發生風險的增加，至於阿米巴痢疾、日本腦炎、類鼻疽及鉤端螺旋體病有2-8%發生風險的增加，顯示溫度上升對蟲媒傳染病之衝擊大於其他氣候相關傳染病。研究亦發現雨量對傳染性疾病之影響，則在”日極端降雨”大於200mm時較為顯著。當每日累積降雨量達豪大雨(200mm-350mm)時，在氣候相關蟲媒傳染性疾病之發生風險將較一般降雨量時增加2倍與10倍。但若每日降雨量超過超大豪雨(350mm以上)，則可能因蟲媒棲息地完全被破壞，使得發生風險反而下降。

另外，研究發現颱風侵台後對於鈎端螺旋體、桿菌性痢疾與類鼻疽之發生風險均有顯著增加。而研究亦利用氣候預測資料推估未來氣候對相關疾病之衝擊，發現在百年後若氣候持續暖化下，恙蟲病的發生數亦將隨之持續上升，而登革熱的高風險地區，將由現狀之 46 個鄉鎮擴散至北部地區，全台約有 102 個鄉鎮可能成為登革熱高風險區。

研究發現對台灣地區而言，不同溫度及雨量條件下皆會影響氣候相關疾病的發生與地理分布之改變，但是各地區在醫療衛生資源等條件上的差異，對疾病在極端降雨事件下之群聚爆發亦有重要影響。故討論氣候對健康之影響時，須將區域特性及社經文化等因子納入考慮，方可有更完善之分析。

關鍵字：氣候變遷、傳染性疾病、極端降雨、社會經濟指標

Abstract

Increasing evidences have demonstrated that global warming would alter the regional climatic patterns, jeopardize ecological system, and affect public health in the form of heat stress associated mortality and morbidity, air pollution associated diseases burden, and distribution and epidemic of various infectious diseases. Our study has successfully established an array of databanks, including infectious diseases case registry, weather parameters, and demographic and vector density distribution profiles. We have also applied geographic information system (GIS) to map the geographic distribution of intestinal, vector-borne and flood-related infectious diseases in Taiwan.

Resulted implied that the relative risk of dengue fever, an indicative infectious disease for Taiwan and many parts of southeastern Asia, would increase 7 times if weekly mean temperature rose by 1; 10-32% increase for Enteroviruses, Shigellosis and Scrub Typhus and 2-8% for other climatic related infectious diseases. In the events as the daily accumulated rainfall up to 200mm-350mm, the incidence risk of climatic-related vector-borne infectious diseases would increase two to ten times; the same risk would, however, drop as the daily accumulated rainfall went more than 350mm as the habitats of vectors were probably destroyed with extreme rainfall of this level. Results therefore projected that the epidemic areas of dengue fever at high risk will increase from 46 to 102 in the worse scenario predicted by model, and the distribution of dengue fever will likely expand from south to north of Taiwan.

Changing patterns of rainfall and temperature appeared to affect geographical distribution and incidence rate of climatic related diseases reported or in Taiwan. However, variation in distributions of medical resources or sanitary conditions would have to be taken into account in further analyses before the final conclusions between the climatic changes and infectious epidemics.

Keyword: Climate change, Infectious disease, Extreme rainfall,
Social-economic index

前言

氣候變遷的現況與對人類健康的衝擊

在邁入二十一世紀的同時，人類所面臨的是日益嚴重的環境問題。小至人類賴以生活的建築、人居環境惡化；大至全球性的空氣、水、土壤污染問題、氣候變遷問題、瀕臨危險的生態多樣性、能源不足的危機等。使我們在迎接並期盼二十一世紀的科技與經濟發展可能將人類文明帶上一個全新而“人性化”生活的同時，更急需重新思考如何在兼顧科學科技與經濟發展的同時，將環境各環節一起納入考慮。伴隨著工業革命與世界各國經濟之快速發展，溫室氣體如二氧化碳、甲烷及氧化亞氮等伴隨產業大量製造溢散至空氣中因而導致全球氣候暖化等整體氣候變遷。根據聯合國政府間氣候變遷小組 (Intergovernmental Panel on climate change; IPCC) 於 1996 年的報告指出二十世紀全球地表平均溫度增加約 0.6°C ，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 氣候模式預估至 2100 年時，這些地區地表平均增溫可高達 $3-5^{\circ}\text{C}$ [IPCC, 1996]。此一全球地表平均增溫情形，在每一個地區之天氣系統均有程度不一的影響，但有越來越多的證據顯示，全球暖化現象已足以引起許多地區氣候系統的混亂、生態系統衝擊並危及人類生存環境 [IPCC, 2001]。IPCC 在 2001 年的報告中歸納出全球暖化對未來天氣系統的影響主要可包括 (1) 中高緯度地區夜間及冬天溫度明顯上升、(2) 海洋平均溫度升高，進一步導致海平面升高、(3) 溫度升高影響到水循環

(Hydrological cycle)，使得許多國家所遭受到異常或極端天氣事件的頻率因而提升[IPCC, 2001]。而 IPCC 最新於 2007 年的報告則上修過去 100 年 (1906-2005)全球平均溫度增幅為 0.74°C ，較 2001 年時的觀測上修至 0.14°C 。其中亦發現目前全球海平面高度以平均每年 1.8 毫米的速度在上升，其中近十年這段時間上升的速度增加為每年 3.1 毫米。全球的暖化同時影響全球水循環系統並進一步影響全球降水的趨勢，Zhang 等人最新發表於知名期刊 Nature 的報告，透過全球觀測報告的彙整指出人類活動明顯的使北半球中緯度地區降雨量增加，反之使北半球亞熱帶及熱帶地區愈來愈乾，且近百年的氣候當中，其極端溫度與降雨事件與北大西洋之強烈颶風的數量皆有增加之趨勢。另外，南半球亞熱帶及熱帶地區則是愈來愈濕[Zhang et al., 2007]。根據長期之觀測結果 20 世紀以來關於極端天氣事件的變化有熱浪發生的次數增加、潮濕期(濕季)延長、中間緯度地區發生較強烈的暴風、聖嬰現象發生頻率增加與強度增強等，另外，模式預估結果也紛紛顯示到 21 世紀末時氣候將有熱浪發生次數增加、寒潮事件減少、乾旱事件增加、潮濕期(濕季)延長、熱帶暴風增加、更多強烈的熱帶暴風、中間緯度地區發生較強烈的暴風、聖嬰現象強度增加、聖嬰現象發生頻率增加(表一)等變化 [Trenberth et al., 2007;Easterling et al., 2000]。

表一 異常或極端天氣事件觀測結果及模式推估結果 [Easterling et al., 2000]

| | 觀測結果 (20 世紀) | 模式推估 (21 世紀末) |
|----------------------|--------------|--------------------------|
| 根據氣候統計之極端天氣參數 | | |
| 最高溫度升高 | 可能性非常高 | 可能性非常高 |
| 更多的炎熱夏日 | 可能性高 | 可能性非常高 |
| 熱指數增加 | 可能性高 | 可能性非常高 |
| 最低溫度升高 | 一定會 | 可能性非常高 |
| 嚴寒日減少 (最低溫度升高) | 一定會 | 可能性高* |
| 大量降雨事件日增加 | 可能性高 | 可能性相當高 |
| 連續多日大量降雨的事件增加 | 可能性高 | 可能性相當高 |
| 極端天候事件 | | |
| 熱浪發生次數增加 | 有可能 | 可能性相當高* (最低溫度升高) |
| 寒潮事件減少 | 可能性相當高 | 可能性相當高* (最低溫度升高) |
| 乾旱事件增加 | 不太可能 | 可能性相當高 (降低中緯度地區夏天土壤水分含量) |
| 潮濕期(濕季)延長 | 可能性高 | 可能性高 (在中高緯度地區冬季降雨量增加) |
| 熱帶暴風增加 | 不太可能 | 有可能 |
| 更多強烈的熱帶暴風 | 不太可能 | 有可能 |
| 中間緯度地區發生較強烈的暴風 | 有可能 | 有可能 |
| 聖嬰現象強度增加 | 有可能 | 有可能 |
| 聖嬰現象發生頻率增加 | 可能性高 | 可能性高* |

一定會(virtually certain): >99% ; 可能性非常高 (very likely):90-99% ;

可能性高 (likely): 67-90% ; 有可能 (possible): 33-66% ; 不太可能 (Unlikely): 10-33%

*沒有直接的模式分析，但其改變是由其他模擬的模式基於自然物理上之因果關係推測

因應全球氣候變遷世界各國除了積極擬定全球性溫室氣體排放管制的宣示及公約外，各方面的研究資源也投入探討全球氣候變遷對於世界及各區域之生態、環境、土地、水資源、能源、農業、經濟及人類健康之影響，許多發人深省的科學証據與未來世界的模擬預測，都在在反映人類需正視全球氣候變遷對於我們生存環境之影響，從生活及產業界著手研擬降低排放溫室氣體管制策略，並在環境衝擊、生態衝擊及公共衛生衝擊上即早有所因應對策。

在許多的歷史記載與先民的各種生活觀測中，氣候系統無時無刻不影響人類的生活方式、文明發展、生存空間、農業經濟活動、文明發展與人類健康。在人類疫病紀錄的史料上，可發現歷史上重創五大洲人類文明的傳染病如世紀黑死病鼠疫、瘧疾及霍亂等跨洲的大流行均與當時的氣候條件脫離不了關係[余高鳳, 2004]。近年來在許多科學研究文獻上也陸續提出氣象條件的變化與對人類心臟血管及呼吸道疾病等慢性疾病，亦有相當程度的影響[Keatinge et al., 1986; Semenza et al., 1999; Huynen et al., 2001; Kaiser et al., 2001; Nayha, 2002; Weisskopf et al., 2002]。而因應未來可能巨變的天氣系統，許多憂心的學著也從科學現象中推論彙整出，未來氣候變遷對於人類健康系統可能產生的衝擊與危害，其中生物性因子所導因的危害，更是目前現階段科學線索較多，且世界各國相當關注的議題。聯合國政府間氣候變遷小組(Intergovernmental Panel on climate change; IPCC)與世界衛生組織在彙集世界各國研究資料後，將全球氣候變遷對於人類健康之衝擊區分為直接危害及間接危害兩大類。

直接危害方面主要導因於溫度變化之熱危害及異常天候事件導因之意外災害，在熱危害方面，一項跨越美國 12 個城市的研究顯示，高氣溫與心肌梗塞及慢性阻塞性肺疾病的死亡率有關[Braga et al., 2002]。一項紐西蘭的研究更發現，氣溫每升高攝氏一度，會使呼吸道疾病的死亡率增加 3%[Hales et al., 2000]。在英國倫敦的另一項研究則顯示，氣溫的下降與心肌梗塞及慢性阻塞性肺疾病的就醫頻率有關[Hajat and Haines, 2002]。而 2003 年歐洲地區各國包

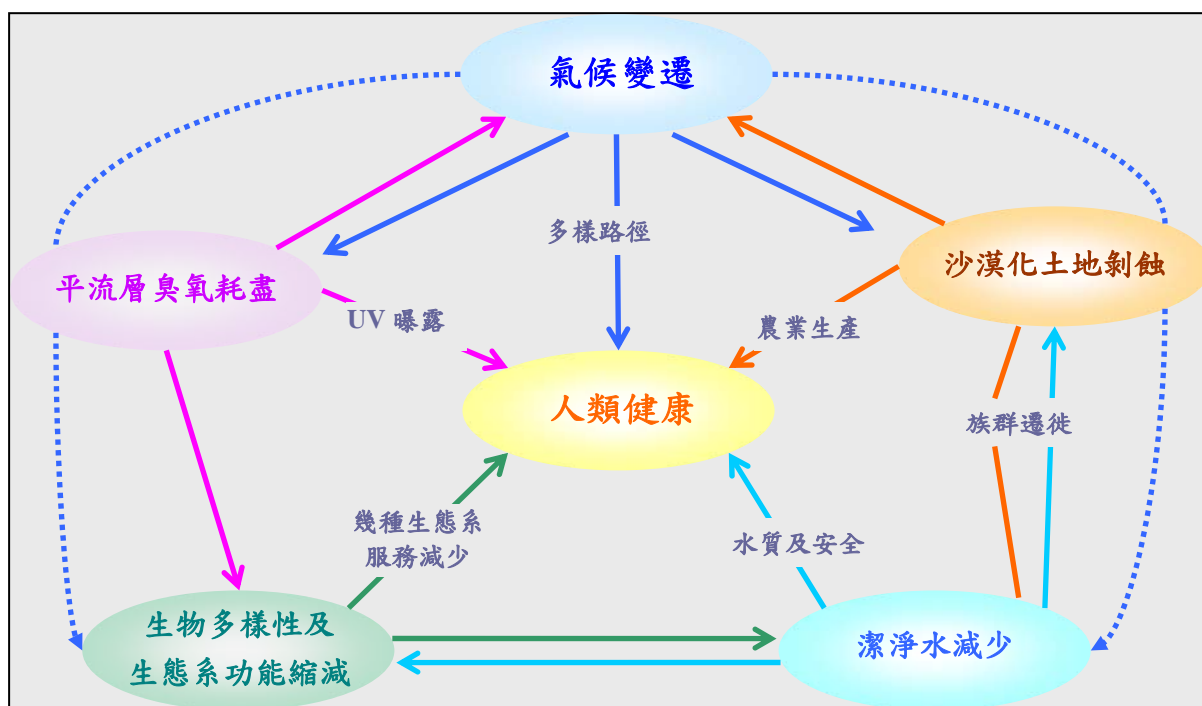
含義大利、法國、葡萄牙、西班牙、瑞士、荷蘭、德國、比利時、英國等國受到嚴重熱浪之侵襲，而導致死亡率大舉攀升，更是典型之異常溫度事件所造成之直接危害，而研究更顯示>65歲之老年人為熱危害之敏感性族群[Schar et al., 2004]。另外，風災及雨災等所造成之天然災害，亦可能直接造成不同規模之人命損失及意外傷害。

在間接危害方面，較高的溫度會促進二次空氣污染物如臭氧及懸浮微粒等之生成，而這類染物則在世界各國之環境流行病學調查上已證實與呼吸道疾患及心臟血管疾病之盛行率增加有關。氣候暖化及其所伴隨之雨量變化也間接影響植物及各類微生物之生長情形。平均溫度上升除了會影響到植物的生長週期外，也進一步會影響其開花及產生之花粉量。根據北美及歐洲各國的研究顯示，氣候暖化有助於許多易致敏之植物花粉如豬草及禾本科等花粉量大量增加而隨風飄散在大氣環境中，進而引發較嚴重之花粉熱及氣喘症發作[Ziska et al. 2003; Ahlholm, 1998]。氣候變遷所引起之微環境氣象條件變化會影響微生物繁衍及傳染途徑，特別是透過水及蟲為媒介傳播之疾病對於氣候條件之變異特別敏感，如 1997-1998 聖嬰現象(El Nino)造成的海水及大氣溫度上升，使得祕魯地區因腹瀉而住院的病人增加一倍以上，更有許多研究發現霍亂弧菌屬(*Vibrio cholerae*, *V. parahemolyticus* 及 *V. vulnificus*)的繁殖及其造成的疾病與氣象變化(特別是溫度)有明顯的相關[Checkley et al. 2000; Pascual et al. 2002; Pascual et al. 2000; Rodo et al. 2002]。另外，氣象條件之變化亦會影響蚊子、跳蚤、蝨子等病媒之生存與繁衍族群，進一步影響其族群分布及與人

類接觸傳播疾病之機會，因此，許多國家之研究均顯示瘧疾、登革熱、萊姆病等病媒傳播之疾病對於人類族群之影響程度及受影響之地理區域在氣候變遷的情形下均有所改變[Hales et al. 2002; Rogers and Randolph 2000; Lindgren and Gustafson 2001]。更值得令人擔憂的是氣候變遷伴隨著各類生態系統之變化及對於生物多樣性之影響，亦可能間接影響微生物與各物種間之平衡狀態，進一步對人類族群帶來新興傳染病之危害[Chivian, 2001; Chivian, 2004]，特別是根據傳染病流行病史之經驗，近年來許多新興傳染病病源大多與動物有關[Morens et al., 2004; Morse et al., 1995; Cohen, 2000]，因此，人畜共通傳染病發生之監測及氣象條件變化之關係亦應是探討氣候變遷對於公共衛生系統衝擊之重要議題，圖一可表示未來氣候可能在不同機制面上可能導致之健康損害[WHO,2007]。

而 IPCC 最新於 2007 年的報告則透過系統性彙整全球科學文獻，指出全球氣候變遷對於人類健康證據較充足且問題較為急迫的有三大項：改變傳染病病媒的地理分佈；改變致敏性花粉的季節分佈；增加熱浪相關死亡人數。而氣候變遷將導致環境暴露風險增加，預測對於健康影響較大的包含有：增加全球營養不良及其相關疾病，特別是孩童成長發育的問題；增加民眾受異常天候事件之直接傷害或死亡；改變傳染病病媒之分佈；對於瘧疾流行的影響有具有正負的影響，如某些地區傳播將受限，但某些地區流行範圍將擴大；增加腸胃道疾病的發生；大氣臭氧濃度增加而使心臟及呼吸道疾病的發生及死亡率增加、居住在登革熱流行區的民眾將會有所提高；對人類整體健康也

帶來一些好處，如減少特定地區冷危害所造成的死亡等。



圖一 氣候在不同機制面上可能導致之健康損害

而氣象因子對傳染性疾病的影響文獻早有紀載，尤其是雨量與氣溫的變化 [Hunter, 2003]；在英國倫敦的研究早已顯示流行性感冒的疫情常在突然變冷的天氣之後發生 [Macfarlane, 1977]。而異常天候狀況，例如颱風、龍捲風、熱浪等，更會增加對傳染性疾病爆發的風險 [Greenough et al., 2001]，例如沙塵暴是亞洲一項特殊的現象，在韓國的究發現沙塵暴會使呼吸道疾病的死亡率略為增加 [Kwon et al., 2002]。然而，這一方面相關的研究十分稀少。例如長久以來學者認為颱風(颶風)帶來的水患容易引起呼吸道或腸胃道感染症之疫情爆發，但是如以 typhoon、hurricane、infection、infectious disease 為關鍵字來搜尋 Medline，自 1966 年以來僅有兩篇相關研究。 [Campanella, 1999]

發現在尼加拉瓜 Villanueva 區被 Hurricane Mitch 侵襲後的 30 天內，25,303 居民之急性腹瀉 (acute diarrheas; AD) 與急性呼吸道感染症, (acute respiratory tract infectious diseases ; ARD) 的發生率皆增加；其十萬人發生率 AD 由 2,849 增至 6,798 ($p < 0.01$)，ARD 由 295 增至 1,205 ($p < 0.01$)；其結論為天災後進行傳染病之監視是可行的，並有助於援救資源之分配。1992 年 Hurricane Andrew 侵襲 Florida 後 Lee et al. [1993] 在 Dade County 以就醫資料展開主動之疾病監視，以登陸後一週算起的 30 天內，發現創傷是重要就醫原因，呼吸道疾患就醫人次的比例增加，腹瀉佔的比例不變，而其間沒有呼吸道或腸胃道感染症之疫情爆發。可見颶風不見得會引起呼吸道或腸胃道感染症之爆發，需個別做調查才能得知實情。

氣候變遷與傳染性疾病

氣候因子影響自然生態環境中植物、動物及各類微生物之生長情形，許多對人類健康具有潛在危險性之生物如過敏原、真菌、寄生蟲、病毒以及媒介傳播許多致病原的昆蟲、嚙尺類動物等，氣象條件的變化對其滋長繁衍及傳播散佈的能力均有所影響。表一所列為目前各方學者認為以當前的全球氣候變遷趨勢，可能導致的生物性危害種類，氣候變遷所引起之微環境氣象條件變化會影響微生物繁衍及傳染途徑，特別是透過水及蟲為媒介傳播之疾病對於氣候條件之變異特別敏感 [Patz et al., 2000; WHO, 2003; Gubler et al., 2001; Rose et al., 2001]，如 1997-1998 聖嬰現象 (El Nino) 造成的海水及大氣溫度上

升，使得祕魯地區因腹瀉而住院的病人增加一倍以上，更有許多研究發現霍亂弧菌屬(*Vibrio cholerae*, *V. parahemolyticus* 及 *V. vulnificus*)的繁殖及其造成的疾病與氣象變化(特別是溫度)有明顯的相關[Checkley et al. 2000; Pascual et al. 2002; Pascual et al. 2000; Rodo et al. 2002]。因而，印度地區每年的霍亂爆發的嚴重程度也與聖嬰現象及氣候暖化作用有關[Pascual et al., 2000]。氣象條件之變化亦會影響蚊子、跳蚤、蝨子等病媒之生存與繁衍族群，進一步影響其族群分布及與人類接觸傳播疾病之機會，因此，許多國家之研究均顯示瘧疾、登革熱、萊姆病等病媒傳播之疾病對於人類族群之影響程度及受影響之地理區域在氣候變遷的情形下均有所改變[Hales et al. 2002; Rogers and Randolph 2000; Lindgren and Gustafson 2001]。更值得令人擔憂的是氣候變遷伴隨著各類生態系統之變化及對於生物多樣性之影響，亦可能間接影響微生物與各物種間之平衡狀態，進一步對人類族群帶來新興傳染病之危害[Chivian, 2001; Chivian, 2004]，特別是根據傳染病流行病史之經驗，近年來許多新興傳染病病原大多與動物有關[Morens et al., 2004; Morse et al., 1995; Cohen, 2000]。而在南美洲最新的研究以整理出氣候變遷對傳染性疾病的衝擊(表二)[Amy Greer et al., 2008]。

表二 南美州氣候或氣象對傳染性疾病的影響或可能之衝擊

| 傳染病 | 已知氣象及氣候的影響 | 氣候變遷可能造成的衝擊 |
|---|---|---|
| <p>人畜共通及蟲媒傳染性疾病</p> <p>(如萊姆病、西尼羅河病毒、登革熱、瘧疾、區公病、兔熱病、狂犬病)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 溫度的增加會縮短蟲媒病原體的生長週期。此情況會提高被疾病感染的週期並且延長疾病傳播至人類的時間 ➤ 氣候的變異或許會造成蟲媒及保蟲宿主在地理區位分布上的擴散 ➤ 暖化與降雨趨勢的改變或許會增加宿主動物與其掠食者的族群增加(如兔子與狐狸) ➤ 適合疾病傳播的環境情況越早發生或許會延長疾病傳播的週期 ➤ 洪水提供蟲媒與保蟲宿主繁殖的棲地，造成這些蟲媒與保蟲宿主的數量與地理分布範圍的增加，其或許會造成疾病爆發的頻率提高 ➤ 造成因旅行傳播有關的疾病風險性提高 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 溫度的提高、降雨的變異和宿主族群量的改變會提高某些人畜共通疾病的傳播。而且這些改變也或許會使得原本無地方性流行疾病的地區開始有新的傳染性疾病 ➤ 氣候變遷造成的改變會隨地理區位而異 |
| <p>水及食物傳播之疾病</p> <p>(如腸道出血性大腸桿菌感染症、細菌性腸炎、金黃色葡萄球菌所致之腸胃炎、肺炎退伍軍人症桿菌、破傷風桿菌、梨形鞭毛蟲、隱孢子蟲)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 會導致疾病的病原體其是否能生存是直接受到溫度而影響的 ➤ 空氣與水的溫度提高會促使一些病原體的生長(如弧菌) ➤ 氣候條件影響水的可利用性與品質 ➤ 大雨與洪水會加快造成疾病的病原體進入水體 ➤ 環境難民的置換。水及食物傳播的傳染性疾病風險提高跟洪水、極端氣象事件有關係 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 溫度與降雨的增加可以用來預測水與食物傳播疾病發生強度及頻率，尤其可用來預測北美地區 |
| <p>接觸性呼吸道疾病</p> <p>(如流行性感感冒病毒、呼吸道融合瘤病毒、肺炎雙球菌)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 呼吸道疾病的發生會隨冬天溫度的提高而降低 ➤ 氣候的改變或許會提高空氣污染物的濃度，其或許會增強污染物對黏膜表層的危害 ➤ 無免疫力的族群因環境難民的遷移混入，或許會加速疾病的傳播 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 縮短、變暖及較潮濕的冬季或許會降低接觸性呼吸道疾病發生的人數數量，因為其疾病的影響力受空氣的品質及大量的人群遷移而抵消 |
| <p>侵入性真菌疾病</p> <p>(如皮炎芽生菌、隱球菌、粗球黴菌)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 生態及氣候的改變會影響本土的土壤生態、水文及氣象；會造成具侵入性的真菌病原體持續存在於環境中並且釋放出具感染力的孢子 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 溫暖潮濕的夏天加上降雨多的冬季可以提供感染性真菌孢子合適生長的環境 ➤ 隨地理區位不同而變異 |

氣候之於傳染性疾病流行的關係長久以來便有諸多的討論，整體而言，氣候條件影響傳染性疾病發生的機制，主要是透過氣候變化改變人類行為、氣候變化改變疾病致病原及氣候變化改變疾病傳播介質三大途徑，而不同的疾病，不同的氣候因子扮演的角色亦有所不同。

(1) 人類行為

大自然的氣象萬千自古以來影響人類生活模式甚劇，氣象條件的變異直接影響人類生活的習慣與行為。例如流行性感冒在歐洲地區主要流行的季節多發生於冬季，這與冬季時期的低溫使人們大多數的時間都在室內活動有關 [Halstead, 1996]，而腸胃道疾病的流行則與溫暖的天氣較為相關，大多時候流行於夏季，這與夏季時人們較多的戶外活動如戲水活動、野餐及烤肉等有關 [Altekruse et al., 1998]。

(2) 致病原

傳染窩為動物(如節肢動物、嚙齒類動物或野生動物)或環境介質的致病原，受到氣候因子得影響較大。氣候條件可直接影響致病原如細菌、病毒及寄生蟲等致病原的活性、存活及繁衍能力。大部分的細菌、病毒及寄生蟲都有繁衍上的溫度臨界值，如引起瘧疾的瘧原蟲(*Plasmodium falciparum*)在 18°C 以下變不會複製繁衍，而氣溫低於 20°C 時日本腦炎病毒亦不會複製繁衍 [Mellor et al., 2000]。氣溫高於各臨界值時，便會縮短致病原繁衍的週期加速族群的成長，因而影響疾病傳播時的感染力。

(3) 傳播疾病的媒介物

低等動物如蚊子、跳蚤、蝨子以及老鼠等病媒的族群數量及生長分布狀況與氣候條件有密不可分的相關性，特別是昆蟲類的病媒受到溫度、溼度及降雨量的影響特別大。溫度升高將提高昆蟲的基礎代謝率、增加產卵數量及增加進食次數，因而傳播疾病的潛在能力便因此提升[Moller et al., 2000]。降雨對於疾病傳播媒介的影響亦相當顯著，降雨量間接的影響昆蟲的生長條件，較為潮濕的天氣有易於昆蟲類動物的繁衍、生長及擴張版圖，但過多的雨量所產生的洪水可嚴重毀損昆蟲的棲息地及產卵地。

異常天候會改變長期的氣溫和降雨量模式，增加極端氣象事件的頻率，海平面的上升可能會大幅地改變及蟲媒傳染性疾病影響的分布範圍。在暴雨或特殊的乾旱事件過後，人類更可能暴露或食入受污染的飲用水、休閒用水或食物，而受到水媒相關傳染性疾病之感染。天氣變化及極端氣象事件如降雨量增加或減少可能會影響傳染病性疾病之運輸與散播，而整體氣溫則相對主要影響其病媒及致病原繁衍及殘存的狀況，因而，研究顯示蟲媒傳播及食物與水傳播之傳染性疾病對於氣象因子和異常天候較為敏感，亦較有直接的關係。而溫度變化或其他異常天氣事件又可能進一步影響人類活動空間及生活模式，而進一步增加空氣傳播及接觸傳播疾病之發生率，但相關研究及文獻資料仍相當缺乏，僅有少數疾病如流行性腦脊髓膜炎曾被量化分析過與氣象因子氣象型態之相關性[Sultan et al., 2005]。因此，以下僅分別彙整對於氣

候變遷及異常天候事件較為敏感之蟲媒/動物傳播傳染病及水媒/食物傳播傳染病目前國際上相關文獻與影響機制。

(1) 蟲媒及動物傳播

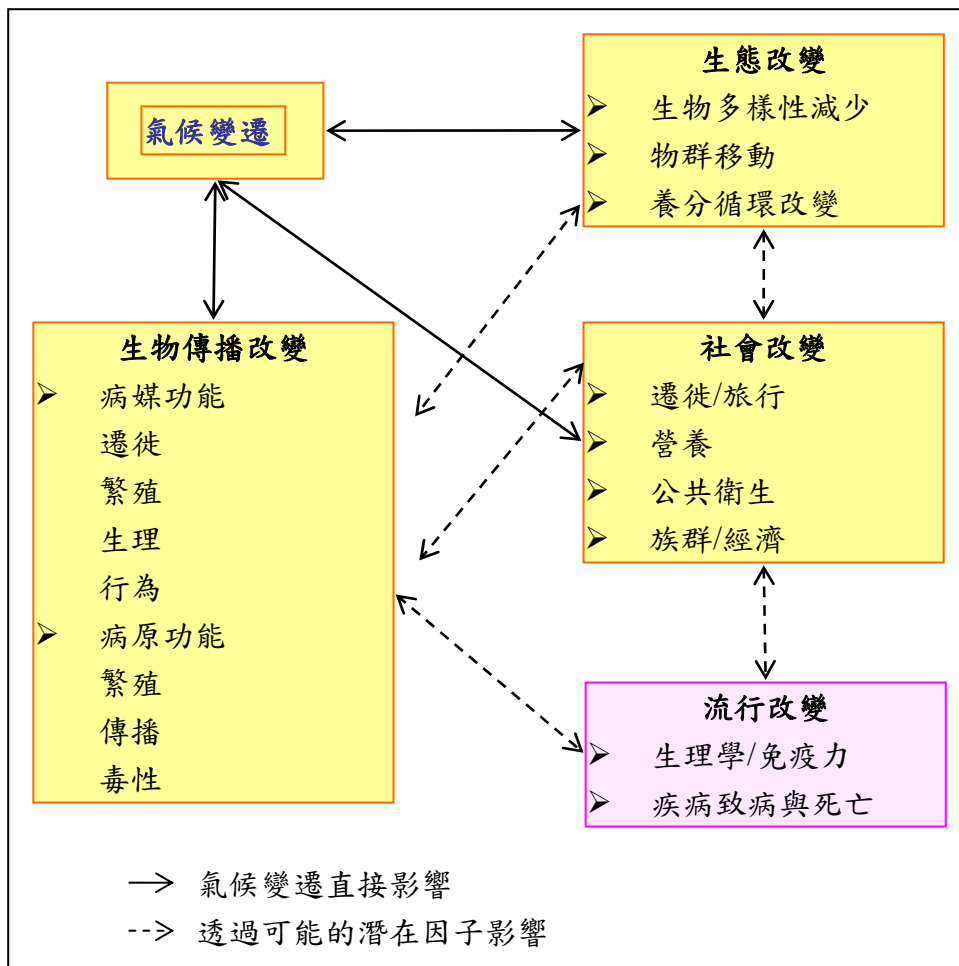
在容易受到氣候條件及異常氣候事件影響的疾病中，其中以節肢動物媒介的傳染性疾病受到氣候因子的影響最大，因為此類疾病之傳播媒介繁殖及族群分布狀況對於氣象因子之改變較為敏感。決定節肢動物媒介傳播疾病之重要的因素包含有(1) 蟲媒殘存與再生力、(2) 蟲媒叮咬或接觸宿主的頻率、及(3) 病原體在蟲媒體中繁衍增殖能力。而蟲媒及病原體均有一合適生存的氣候條件，因而天氣因子的變化較容易影響此類疾病之傳染鏈。

整體氣候變遷將影響各地區氣溫及降水量變化或增加各類氣象事件發生的頻率，此類因素將會改變蟲媒的生態系統，進而改變蟲媒及病原體的傳播生態學，並可能改變人類活動模式與社會適應條件，而對節肢動物媒介傳染疾病的疾病發生率及流行的分布造成影響。一些文獻資料已初步對氣候變遷可能影響之全世界重要蟲媒傳染性疾病包括登革熱、瘧疾、萊姆病等進行相關性及模式探討。其中，備受注意的是在世界為分佈最廣的蟲媒傳染性疾病：登革熱。Hales 等人於 2002 年發表於 Lancet 的文章中，利用地理資訊系統與空間統計之運算，推算出依據 2085 年氣候模擬資料與現階段登革熱發生與溫溼度變化之關係，至 2085 年時全世界可能受到登革熱感染威脅的民眾高達 50-60 億人口(大約是該年 50-60%之全球人口數目)，可看出登革熱對全球人口

的威脅隨著氣候變遷的影響，將逐漸擴展其危害版圖[Hales et al., 2002]。類似的模式亦顯示瘧疾傳播受到氣候因子的變化相當大[Hay et al., 2002; Rogers and Randolph, 2000]，在巴基斯坦北部的調查顯示，在 1981-1991 年間較高的平均溫度與 *Plasmodium falciparum* 瘧疾發生率提高有顯著相關[Bouma et al., 1996]。

現階段相關研究顯示氣象因子對於蟲媒傳染性疾病病媒及致病原與傳染窩之影響，溫度可影響昆蟲存活及繁衍的時間和棲息地分佈狀況，也可影響病原體複製、成熟和傳染力及傳播時期。氣溫暖化可影響病原生長速率及其在病媒身上體外培養週期，因而在較高氣溫下，流行地區攜帶病原的蚊蟲比率增加並可間接影響疾病在人類族群之發生率[Amy Greer et. al., 2008]。而亞熱帶和熱帶地區為主要蟲媒疾病盛行流行地區，因溫帶氣候地區的冬天和較高的海拔之低溫，使蚊蟲無法順利繁衍。但全球氣候暖化現狀，特別是冬季暖化之現象，將允許這些節肢動物越冬天存活並且擴展其可棲息地，而造成疾病發生與流行地區因而有擴展之現象[Sutherst, 2004]。而節肢動物像是蚊子傳播的疾病會受到乾旱事件影響。在乾旱時期，蚊子的行動力下降且同時期無免疫能力的人群持續增加；因此當乾旱結束時則會有更多易感受的族群可以被感染，因此增加潛在的傳播[Howard Frumkin et al., 2008]。而圖二為 Chan 等學者提出之氣候變遷與蟲媒傳染性疾病之間整體相關性架構，這個架構顯示氣候變遷及氣候條件影響對於生態的改變、和人類社會行為及結構的變化以及致病原傳播機制之改變之間相互直接及間接的相關性及各因子間相互影

響[Chan et al., 1999]。氣候條件對於傳播媒介與病原體的生態學上的相關性及影響程度，目前已有較多的證據被觀察及研究。然而，氣候變遷及特定異常氣候事件對人類社群之影響程度及影響範圍則很少被提及，特別是人類對於氣候變遷及特定異常氣候事件的適應能力依照不同地理區域、產業結構、社經條件、文化特性等均有所不同。例如傳播媒介控制措施與程序、人群搬遷移動資料、個人的防護措施、族群免疫力、疫苗接種計畫及疾病監視成果等等會影響到疾病發生與否的各類參數很多且在各個地區亦均有不同，資料收集之完整性及可用性均有所不同。因此，目前相關研究探討仍相當缺乏。整體而言，欲完整了解探討氣候變遷對世界不同區域之蟲媒疾病之影響，整合各地區相關氣候資訊及預測模式、地理資訊、生態系統與棲息地即時資訊、人類活動及適應關變異及防禦疾病發生之各類資料收集，乃是建立氣候變遷對人類健康衝擊監視及應變系統重要之基本依據。



圖二 氣候變遷與蟲媒傳染性疾病之間整體相關性架構

(2) 水及食物傳播

人類得到水媒性傳染病主要是因病原體污染飲用水或休閒用水，而造成集體或個人不慎感染。水與食物傳播之傳染病對水文循環之變化特別敏感。在發展中的國家，水資源缺乏可能透過衛生不良及缺乏衛生飲用水系統導致腹瀉等疾症，而異常天候事件所導致之暴雨亦可能由於洪水氾濫而攜帶污染之病原污染民生用水系統，進一步造成疾病之爆發。相關研究顯示，大規模的太平洋東部及赤道中央地區周期性的(2-7年)聖嬰現象，導致該祕魯等地區氣候不尋常的暖化，並進一步影響暴風發生及其行進軌跡與

降雨模式，並且與其影響地區登革熱、瘧疾和霍亂的爆發有明顯相關(Pascual et al., 2000; Rodo et al., 2002)。觀測研究顯示當氣溫溫度上升高於往常五度以上，在秘魯當地醫院門診約可增加 200% 的腹瀉案例(Checkley et al., 2000)。相關研究證據亦強烈的支持水溫增加會使水庫的浮游動物和海藻增生，並進一步有利於霍亂弧菌（*Vibrio cholerae*）的生長(Lipp et al., 2002)。其它的水媒性疾病像隱孢子蟲病等寄生性原生蟲可因暴雨和水災而導致飲用水污染受到污染。隱孢子蟲病的自然傳染窩為許多自然界動物及家畜和家禽類之腸胃道，其卵囊體 oocysts 對氯具有耐受性，因而在過度的降雨、梅雨及溶雪後容易污染鄰近區域的飲用水而引起疾病爆發(Payment, 1999)。

氣候變遷下的衝擊評估與調適

在 2001 年 IPCC 第三份報告發表了之後，陸續有許多國家投注心力進行全國性的衝擊評估調查，大多的國家分析評估的重點有兩大方向，一個是熱浪、洪水等極端天氣事件導致之疾病及死亡，另外，一個重點則是評估天氣因子對於當地傳染性疾病流行潛勢及預估氣候變遷對於未來流行趨勢之影響(表三)。

表三 全國性衝擊評估的國家之發現及適應方案 [Confalonieri et al., 2007]

| 國家 | 重要發現 | 適應方案建議 |
|--|---|---|
| 澳洲 [McMichael et al., 2003] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加熱浪相關死亡的人數 ■ 增加洪水逆死的傷害 ■ 增加原住民社區腹瀉相關疾病的發生 ■ 登革熱及瘧疾流行的區域有擴張的趨勢 ■ 由於海平面升高，太平洋島嶼的環境難民將增加 | NA |
| 玻利維亞 [Programa Nacional de Cambios Climaticos Compoente Salud et al., 2000] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 加劇瘧疾及利什曼原蟲症 (Leishmaniasis)的傳播 ■ 傳染性疾病的流行及加重對於原住民的影響最大 | NA |
| 不丹 [National Environment Comission et al., 2006] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 經常性的洪災所造成的生命損失 ■ 冰河湖洩洪 ■ 土石流 ■ 飢餓及營養不良 ■ 病媒傳播疾病往高海拔擴張 ■ 水資源缺發 ■ 增加水媒傳播疾病的風險 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 加強飲用水安全 ■ 定期的病媒控制計畫及施打疫苗 ■ 定期檢測空氣及水質 ■ 建立緊急醫療服務系統 |
| 加拿大 [Riedel, 2004] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加因熱浪死亡的人數 ■ 增加空氣污染相關疾病 ■ 病媒及鼠類傳播疾病擴散 ■ 增加本土及進口魚貝類受污染的機會 ■ 增加過敏性疾病 ■ 對於境內特定族群的影響程度最大 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 監控新興傳染病 ■ 規劃緊急應變計畫及早期預警系統 ■ 國土使用管制 ■ 更新提升現有的民生用水及廢水處理設備 ■ 減少城市熱島效應的影響 |
| 芬蘭 [Hassi and Rytkonen, 2005] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 導因於熱浪的死亡率小幅提升 ■ 改變氣候生物現象及過敏性疾病的風險 ■ 小幅減少冬天死亡率 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 建立民眾認知及醫療人員訓練 |
| 德國 [Zebisch et al., 2005] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加因熱浪死亡的人數 ■ 改變 tick-borne encephalitis 感染率 ■ 衝擊健康照護系統 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加民眾認知 ■ 早期預警系統 ■ 熱浪緊急應變計畫及建築物冷卻 ■ 保險及預備基金 |
| 印度 [Ministry of Environment and Forest and Government of India, 2004] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加傳染性疾病 ■ 瘧疾將擴張至較高經緯度的地區 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 疾病監視系統 ■ 病媒控制措施 ■ 公眾教育 |
| 日本 [Koike, 2006] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加熱危害相關的急診人數 ■ 增加日本柏木過敏病患 ■ 增加食物中毒人數及睡眠問題人數 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 熱相關急診監測系統 |
| 荷蘭 [Bresser, 2006] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加熱危害死亡率 ■ 增加空氣污染 ■ 提高民眾罹患萊姆病的風險 ■ 增加食物中毒及過敏性疾病的入次 | NA |

表四 全國性衝擊評估的國家之發現及適應方案(續)

| 國家 | 重要發現 | 適應方案建議 |
|---|--|--|
| 紐西蘭 [Woodward et al., 2001] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加腸胃道感染的風險 ■ 改變過敏性疾病之狀態 ■ 洪水及劇風導致之傷亡增加 ■ 導因於熱浪的死亡率小幅提升 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 食物安全衛生管理系統 ■ 增加民眾及醫療人員認知 ■ 洪水保護計畫 ■ 病媒防制計畫 |
| 巴拿馬 [Autoridad Nacional del Ambiente, 2000] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加病媒傳播疾病及其他傳染病 ■ 都市地區臭氧濃度過高導致的健康損害 ■ 增加營養不良的問題 | NA |
| 葡萄牙 [Casimiro and Calheiros, 2002 ; Casimiro and Calheiros, 2006] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加熱危害死亡率 ■ 增加瘧疾、其他食物及水媒傳播疾病、西尼羅河熱、萊姆病及地中海斑點熱流行 ■ 降低特定地區罹患利什曼原蟲症 (Leishmaniasis)之風險 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 強調熱舒適的相關議題 ■ 熱危害期間民眾教育及資訊推廣及建立早期預警系統 ■ 早期偵測傳染性疾病的流行 |
| 西班牙 [Moreno, 2005] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加熱危害死亡率 ■ 空氣污染惡化 ■ 病媒及鼠類傳播疾病之範圍有潛在擴張趨勢 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加民眾認知 ■ 建立熱浪早期預警系統 ■ 疾病監視系統 ■ 重新檢討健康政策 |
| 塔吉克 [Kaumov and Muchmadeliev, 2002] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加熱危害死亡率 | NA |
| 瑞士 [Thommen Dorbois and Braun-Fahrlaender, 2004] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加熱危害死亡率 ■ 改變人處共通傳染病之流行 ■ 增加 tick-borne encephalitis 罹患人數 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 熱危害相關資訊推廣及教育 ■ 建立熱浪早期預警系統 ■ 減少二次空氣污染物相關措施 ■ 組成氣候變遷及健康研究工作團隊 |
| 英國 [Dept. of Health and Expert Group on Climate Change and Health in the UK, 2001] | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加洪災次數及其相關健康損害 ■ 增加熱危害死亡率 ■ 增家臭氧相關暴露 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 增加民眾認知 |

然而在氣候變遷對健康的衝擊，在美州部分的研究已有全面的整理與調適建議[Howard Frumkin et al., 2008]，其中對氣候變遷下所有之氣象事件，及健康衝擊、易感受族群、健康負擔與該如何調適皆有全面性的回顧整理(表四)。

表五 南美洲氣候變遷下預期對健康的衝擊與調適

| 氣象事件 | 健康影響 | 易感受族群 | 健康負擔程度 | 非氣候決定因素 | 調適方法 |
|----------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 熱浪 | 熱壓力 | 老人,運動員,社會孤立者,貧窮者,呼吸道疾病病人 | 低到中度 | 環境適應,建築環境 | 建築,空調,暖氣系統,分散的、智慧電力系統 |
| 極端天氣事件 | 損害,水災 | 海岸,低窪地區,穴居者,窮人 | 不明確 近乎中度 | 工程,都市劃分和地區使用的政策 | 建築,工程,計畫,早期暖氣系統 |
| 異常冬天氣候 | 滑倒,交通事故 | 住在北方氣候的穴居者,老人,窮人,運輸司機 | | | 公共教育,大眾運輸 |
| 海平面上升 | 損害,淹沒,水和土壤鹽化,生態系統與經濟的崩潰 | 海岸淹沒、低社經地位 | 低 | 水污染,颶風,海岸發展,陸地使用政策 | 防波堤和堤岸,放棄 |
| 臭氧和花粉的增加 | 呼吸道疾病惡化(慢性阻塞性肺疾病,氣喘,過敏,鼻炎,支氣管炎) | 老人,兒童,呼吸道疾病病人, | 低到中度 | 煙霧,空氣品質,呼吸道傳染性疾病,工業活動,電子業需求和產品製造,健康照顧 | 污染控制,空調、教育,醫藥治療 |
| 乾旱,生態系統改變 | 淹水及缺水、營養不良 | 低社經地位族群、老人、孩童 | 低 | 人口成長、糧食分布系統、經濟貿易議題、生物工程、石油消耗 | 科技技術進步、加強運輸系統、貿易協商 |
| 乾旱、洪水平均溫度的提高 | 食物及水媒疾病 | 游泳人士、依據最終的利益結果而導致風險 | 低到中度 | 旅遊、土地利用、水處理及水質、食物處理 | 公共教育、水處理、醫藥治療、水管理 |
| 極端天氣事件 乾旱 | 大量人群的遷移、國際間的衝突 | 一般族群 | 不明確 前在的中 至高度 | 社會政治因子、資源利用及衝突、經濟成長 | 協商與緩和衝突、發生災害前之回應 |
| 氣候變遷 極端天氣事件 | 心理健康 | 年輕人、迫使離開者、有壓力及焦慮者 | 不明確 前在中度 | 基本的心理健康及並負擔 | 健康溝通、沿伸至災害前的心理健康、各種治療與醫學處理方法 |

台灣地區位於副熱帶地區，緊連全球最大的歐亞大陸，四面環海，因而

受到海洋的調節，台灣地區屬於溫暖而高溼的海島型氣候。氣候變遷在台灣地區的增溫更劇，台灣的平均溫度在百年內大約上升了攝氏 1.4 度，是同期全球平均增溫速率的 2 倍。然而在季後上的極端事件的影響同樣在台灣有明顯現象，如極端降雨的部份可由 2001 年台灣出現納莉颱風的強烈暴雨造成多處雨水災，但卻在隔年 2002 年發生多日不降雨的小旱事件，此為氣候極端之現象。根據周等人的觀測研究顯示，台灣地區全島在過去 100 年呈現暖化的趨勢，且暖化在夏季較為明顯，且此一暖化的趨勢在都市地區、鄉村地區及高山地區均可看到一致的趨勢，降雨量亦在北部地區呈現一增加的趨勢，然而在南部地區卻是一減少之趨勢，而在不同地理區位、不同季節似乎呈現不同的變化趨勢，IPCC 模擬之模式似乎無法完全預測台灣氣候變化之趨勢[Zhou et al., 2000]。異常氣候狀況如暴雨、颱風、乾旱及沙塵暴等事件，在台灣地區發生的頻率及次數亦有所變動。台灣全島 75% 以上是山地、平均海拔 660 公尺，因而使台灣的河川具有坡度大、水流急的特點，特別是近年來大規模的土地開發與都市化發展，使得台灣地區的土地含水能力變差，因而台灣地區對於暴雨及颱風的異常天候侵襲抵抗力亦趨弱，動輒損失慘重[內政部消防署]。而這些暴雨除了損害了民生基本建設、危及生命財產外，亦可能導致其他後續的生態及環境衛生的影響。近年來各國的氣象專家紛紛推測，因為海水溫度持續升高的影響，未來全球颱風生成頻率將有所增加，更有專家推測形成強烈颱風的頻率亦會有所增加[中央氣象局]，因而，台灣地區有必要加強防災應變體系及後續民眾環境衛生以及傳染性疾病控制的能力。

材料與方法

在研究方法的構想部分，可分為資料的收集、資料的分析與預測與政策的建議。資料收集的部分又可再細分為文獻資料、常規資料與疾病資料與地理資訊系統統合類型的收集，有關地理資訊資料的收集部分則以是否可取得詳細的點資料，為此研究能否更深一層研究的重點。資料的分析與預測部分，預計以地理資訊策建議系統進行疾病資料與氣候因子的疊套，再進行其相關性與後續分析。政策部分預計將試擬專家會議綱，利用共同討論與協商以建立整合性的政策與防疫措施。

文獻收集與回顧

本研究首先將針對氣候暖化及異常天氣事件對死亡及各類疾病影響進行文獻收集與回顧，尤其著重於在疾病監視系統與死亡登記的運用與人體健康風險評估之相關資料，並針對臺灣亞熱帶氣候的特性，注意在此區域中特別的異常天候狀況（熱浪、寒潮、暴雨、乾旱等），以及相關氣候暖化對於傳染性疾病流行風險及流行區域之影響。此外，對於本土重要之民眾死因、健康損耗及流行之傳染性疾病之文獻特別著力加以重視。文獻收集與回顧的重點包括：

1. 會受到異常天候事件影響的疾病類型及機制。
2. 氣象因子及異常天候事件對本土的民眾死因、健康損耗及傳染性疾病之流行所扮演之角色。

3. 氣象因子及異常天候事件對民眾死因、健康損耗及傳染性疾病的健康風險評估之方法。
4. 氣象因子及異常天候事件資料在疾病監視系統與疾病控制預防之運用。
5. 世界各國因應氣候變遷對疾病衝擊之重要適應方案。

文獻收集範圍以電腦資料庫（如Medline等）為主，並包括相關參考書與網站資料。尤其是中文文獻因多來自亞洲，且較不受西方學者重視與引用，更須特別著力收集；收集之重點包括「中文醫藥衛生期刊論文檢索系統」、「北京中醫研究院傳統醫學資料庫」、「中華博碩士論文資料庫」、「大陸生命科學文獻資料庫」、「大陸中西文期刊聯合目錄數據庫」等。獲取文獻資料後，進行有系統的整理，並檢視其可靠性與在本計畫中之應用價值。尤其是要根據其研究設計與研究偏差發生之情形綜合評估其影響模式與科學證據力。簡而言之，由於氣象因子及異常天候狀是自然現象，僅能以「觀察性研究」評估之。

常規資料收集管道之尋求

利用既有之常規資料收集管道是建立監視系統最節省人力物力的方式。因此，我們首先尋找國內氣候變遷與傳染性流行疾病資料目前之常規收集管道，評估其運用於疾病監視系統的可行性。在氣象因子方面，中央氣象局將是資料主要來源，本計畫之重點在於找出影響傳染病流行之重要氣象因子之後，建立資料取得之常規模式，由中央氣象局定期提供以達及時監控之目的。

在傳染性流行疾病方面，則分別評估我國現有之法定傳染病通報資料、衛生署死亡登記電腦資料及健保資料之資料歷史、資料屬性及應用於探討氣象變異對於傳染性疾病影響之適用性，且研究中會將是否為境外移入座標記以釐清致病歸因。現有可用於傳染性疾病發生及天氣變異之資料庫主要可分為四類：內政部死亡登記資料庫、衛生署健保資料庫及疾病管制局法定傳染病通報資料庫、病媒相關資料。內政部死亡登記資料庫電腦資料歷史較久，對致死率較高之疾病比較適用，但相關疾病之致死率又可能受到不同時期醫療普及率、疾病診斷及治療方式進步之影響，且相關傳染性疾病如登革熱、桿菌性痢疾、恙蟲病在現代醫療之合適治療下致死率均不高，因而若使用內政部死亡登記資料庫將無法有效估計各類疾病在台灣發生的問題的大小，故在傳染病的探討仍以疾病的發生為主。

健保資料庫每年抽樣並在隔年開放予以民間及研究單位申請使用，使用此資料庫可用以評估歷史各類傳染性疾病就診頻率與歷史天氣因子之相關性。而由於健保資料庫編碼(Code)解析度的不同，僅適合用以探討腸胃道感染、食物中毒及節肢動物媒介疾病等大類之疾病就診頻率，無法探討細分之特定傳染性疾病之發生頻率。另外，此資料庫是以每月抽樣方式進行，因此其時間性之解析度僅合適以月資料方式呈現並進行討論，且僅能分析歷史事件之相關性，無法作為疾病監視系統使用，因此資料庫不具有掌握疾病發生動態及介入處理之時效性。

資料分析

本研究尤其著重於在疾病監視系統的運用與人體健康風險評估之相關資料，並針對臺灣亞熱帶氣候的特性，注意在此區域中特別的異常天候狀況（熱浪、寒潮、暴雨、乾旱等），以及相關氣候暖化對於傳染性疾病流行風險及流行區域之影響。故在研究主要卓立之部分為：

1. 會受到異常天候事件影響的疾病類型及機制。
2. 氣象因子及異常天候事件對本土的民眾死因、健康損耗及傳染性疾病之流行所扮演之角色。
3. 氣象因子及異常天候事件對民眾死因、健康損耗及傳染性疾病的健康風險評估之方法。
4. 氣象因子及異常天候事件資料在疾病監視系統與疾病控制預防之運用。世界各國因應氣候變遷對疾病衝擊之重要適應方案。

本研究的目的是要探討氣候變遷主要因子（如溫度、降水等）對本土傳染流行病（以登革熱為例）時空分布之影響，進而建構臺灣傳染性流行疾病的監視系統模式。我們收集氣象局歷年來觀測資料，由氣象觀點，發展由主要氣象因子之變化造成的二次因子，作為探討氣候變遷對傳染病影響的可能。再配合傳染性流行疾病資料之後，我們將進行回顧性的數據分析。分析數據時，將嘗試文獻回顧所得之各種數學模式與統計技巧，尤其嘗試運用地理資訊系統(geography information system; GIS)分析資料。希望透過資料之分析以評估各種氣象因子與本土特定傳染病之時空分布相關性，尋找影響本土

傳染病之重要氣象因子，並探討這些氣候變遷主要因子對傳染性疾病之影響，並估算健康風險。

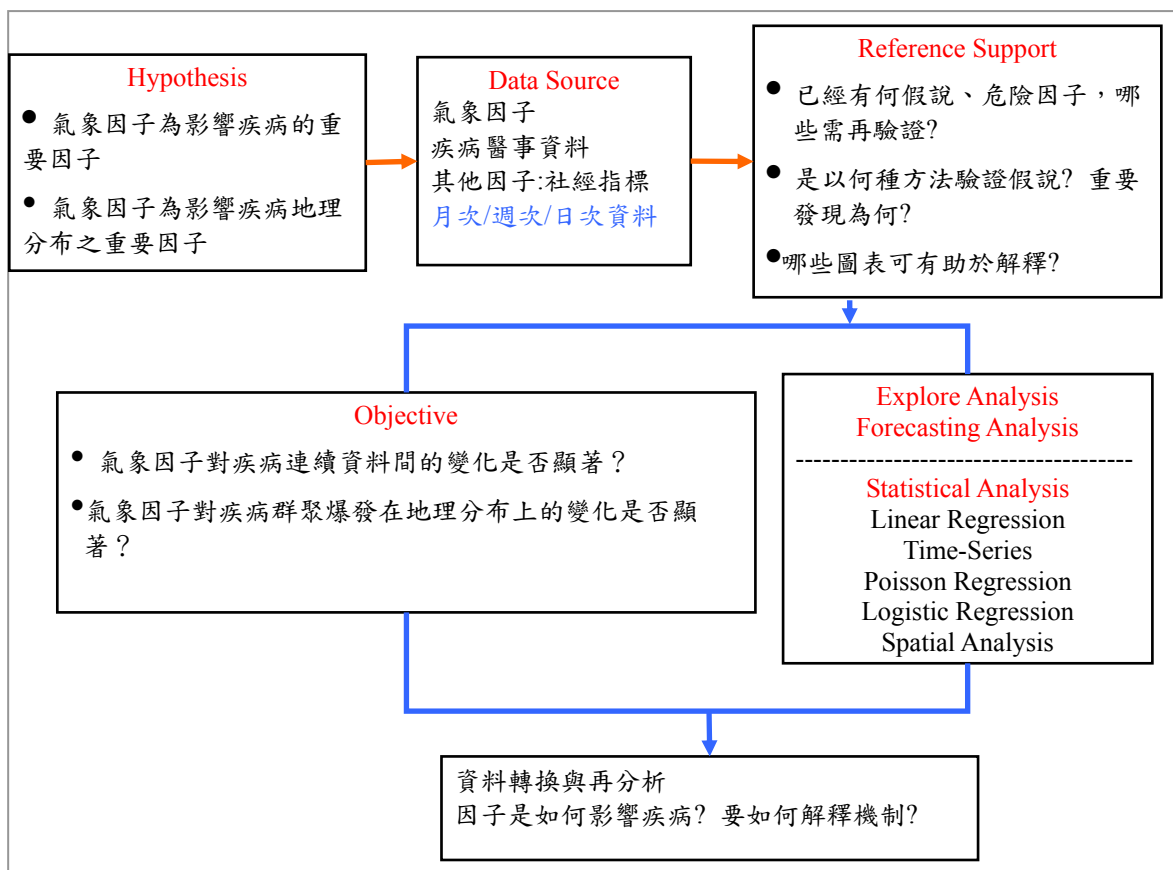
研究著重於將氣候因子對於各類疾病之影響相關性，進行資料解析及分析，建立量化模式並量化其影響程度，並進一步嘗試利用台灣地區現有氣候預測資料，推估未來流行潛勢。本團隊將利用時序性分析建立特定流行地區疾病流行規模大小與氣象因子或異常天候事件之相關性，在傳染性疾病預警系統中，最重要的便是能夠分析特定危險因子對於疾病流行規模大小之相關性，利用時間序列分析如 Auto-regressive integrated moving average (ARIMA) 模式等分析長時間資料在整個序列中之變化，並可利用各類時間序列參數如氣溫、雨量、病媒指數等來配適模式並預估未來流行之趨勢。如本研究團隊前期研究中利用每月最低溫、最高溫及溼度所配適之登革熱在高雄地區流行之預測模式，其模式對於每個月是否有疾病發生及其發生率的高低預測結果相當良好，並可依所配適之模式配合各天氣因子預測未來流行趨勢[Wu et al., 2006]。另外，在分析每月、每週氣象因子對於疾病發生人次或發生率之相關性研究當中利用時間序列下之廣義加乘模型(Time series generalized additive model)來討論氣相因子的變異對疾病相對發生率的危險性，廣義加乘模型相較於一般時間序列而言，將每一變數之波動可視為非線性函數，較傳統之線性假設更符合氣象資料之特性。而在每日氣象因子對於疾病發生人次或發生率之相關性根據前期經驗亦可使用卜瓦松回歸(Poisson regression)，以估算不同程度別的氣象因子或是環境因子對於疾病發生強度之相對危險性，以探討其

極端氣象事件對疾病發生之劑量效應關係。而在研究中預計收集的資料及類型，並且根據相關機關定義之台灣地區氣象事件，將氣候反應歸類(表五)。

表六 氣候變遷對傳染性疾病影響之研究中預計使用之資料分類與定義解釋

| | | |
|----------------|--|---|
| 氣象資料 | 取得中央氣象局全國 25 個固定氣象測站、106 個自動氣象觀測站、及 372 個自動雨量監測站之完整氣象資料。並利用使用 ARCGIS 8.1 將中央氣象局之資料，以模擬推估至全台所有鄉鎮的每日雨量及平均溫度。 | |
| 氣象事件 | 颱風 | 依據中央氣象局定義的颱風侵台期間定義為主要依據 |
| | 極端溫度與降雨 | 依據台灣地區各鄉鎮每日累積降雨量及平均溫度，以百分位數進行分級，分為 0-10th、11-25th、26-75th、76-90th、91-95th、95th+ 百分位數等。 99th 以上則以中央氣象局定義之當日累積雨量在 130mm-200mm 為豪雨、200-350mm 為豪大雨、350mm+ 為超大豪雨。 |
| | 乾旱 | 依據中央氣象局定義，當台灣地區日平均降雨量小於 0.6 毫米時則定義為乾早日。當乾早日持續 30 天以上稱為『小旱』，當乾早日持續 50 天以上稱為『大旱』。 |
| 法定傳染性疾病資料 | 由疾病管制局取得法定傳染性疾病通報資料庫，依照前期研究建置之資料庫選取法定傳染性疾病資料庫中由水或食物傳播的疾病，依目前建置好的疾病病例資料庫，進行蒐集各鄉鎮的疾病個案數。 | |
| 人口統計學變相及社經因子變項 | 每萬人口診所數、每萬人口醫生數、自有住宅比例(%)、服務業比例 (%)、農業人口比例(%)、獨居老人比例(%)、老年人口比例(%)、失能人口比例(%)、原住民比例(%)、無教育比例(%)、失業率、勞工不在居住地工作比例(%) | |

然而資料收集的分類與預計所要建立的定義完成後，在研究當中利用文獻回顧之結果建立研究之流程，而研究主要的假說為氣象因子可能為影響疾病的重要因子，且氣象因子可能為影響疾病地理分布之重要因子，而資料為每日資料，在分析中會因為不同處理或分析需求而轉變為週次資料或月次資料，故分析之流程可如下圖三所表示：



圖三 氣候變遷對傳染性疾病之影響其分析架構

空間分析方法

流行病學及公共衛生領域的研究重點已朝向疾病在時空聚集 (space-time clusters) 與熱點 (hot spots) 之探究[Ord and Getis, 1995; Marshall, 1991; Haynes and Fotheringham, 1984]，並著重在疾病發生因子的研究，包括人與環境因子及社會因子的關係，預測其他地區在流行病的空間交互影響模式 (spatial interaction models) [Cliff *et al.*, 1993; Ding and Fotheringham, 1992]。在空間分析方面，本研究目前已經掌握的資料包括自然環境資料、人口及公共衛生資料。自然環境及人口資料已經是 GIS 的圖層，得以直接進行空間分析與展示。

公共衛生資料主要是以.dat 形式儲存，呈現各種主要病例的分布。本研究將把這些表格式的資料匯入 GIS 軟體，使得每一個屬性都能與圖形結合，方便作後續的空間統計與空間分析。所使用軟體包括 ArcGIS Spatial Analyst、GeoStatistical Analyst 及 GeoDa 等。

在資料處理部分，將透過 GIS 整合相關的自然、人文、公共衛生資料，以期能檢驗不同因子之間的相關性。針對病例的分布形態 (spatial pattern)，本研究將進行下列的分析與統計：

1. 全域空間自相關

分析了各個時段的 Moran's I 值之後，進一步做檢定，分析不同時期，病例在空間上的聚集現象是否具有顯著性或是隨機出現的結果，並將所得之 Moran's I 值做標準化的計算，以判別其在空間上的聚集現象，是否支持空間自相關的效應。接著執行 Moran's I 值的標準化計算。公式如下：

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\text{Var}(I)}$$

在 0.05 的顯著水準下，若 Z(I) 大於 1.96 或小於 -1.96，皆拒絕虛無假設，且分別支持此事件具有顯著的正空間自相關或負自相關，若 Z(I) 介於 1.96 至 -1.96 之間，則虛無假設成立，無顯著空間自相關。對於發病率而言，正的空間自相關意味著此區疫情嚴重，疾病有可能由此爆發且持續延燒至附近鄉鎮；負的空間自相關意味著，此區可能為疾病發生的免疫區。

2.區域空間自相關

全域空間自相關僅能告訴我們空間上是否有聚集現象，但無法明確指出聚集在何處，所以採用區域空間自相關的分析方法，以找出空間上的熱點所在區域。對 LISA 計算出之 I_i 進行相同的標準化動作，得到 $Z(I_i)$ 後，便可分析區域的內部空間分布型態。而研究中使用之空間相關分析，其適用軟體及使用形態與說明如下表六。

表七 地理空間分析中適用資料與分析之說明

| | |
|----------------|--|
| SATSCAN | 研究利用 SATSCAN VERSION 5.1.1 SOFTWARE (HTTP://WWW.SATSCAN.ORG)分析各類疾病時空聚集特性 (SPATIOTEMPORAL ANALYSIS)，將各類疾病在特定區域特定時段聚集各案分別找出，用以探討特定時空事件對於該疾病聚集之關連性。 |
| GIS | 將自然環境資料、人口及公共衛生等資料匯入 GIS 軟體，使得每一個屬性資料都能與圖形結合，可直接進行相關資料的空間分佈之展示，並方便作後續的空間統計與空間分析。 |
| GeoDa | 氣象或是疾病皆會有空間上的關聯性存在，因此考慮到可能存在的空間效應(空間相依性或空間異質性)所以在分析事件的氣象因子、疾病因子與社會經濟因子間的關係，需使用 GeoDa 中傳統迴歸分析模式(Ordinary Linear Square)、空間落遲迴歸模型(spatial lag model)及空間誤差迴歸模型(spatial error model)以探討相關氣象因子及環境因子分布對於疾病發生率或死亡發生率之相關性，並量化各因子對於疾病發生之影響程度。 |

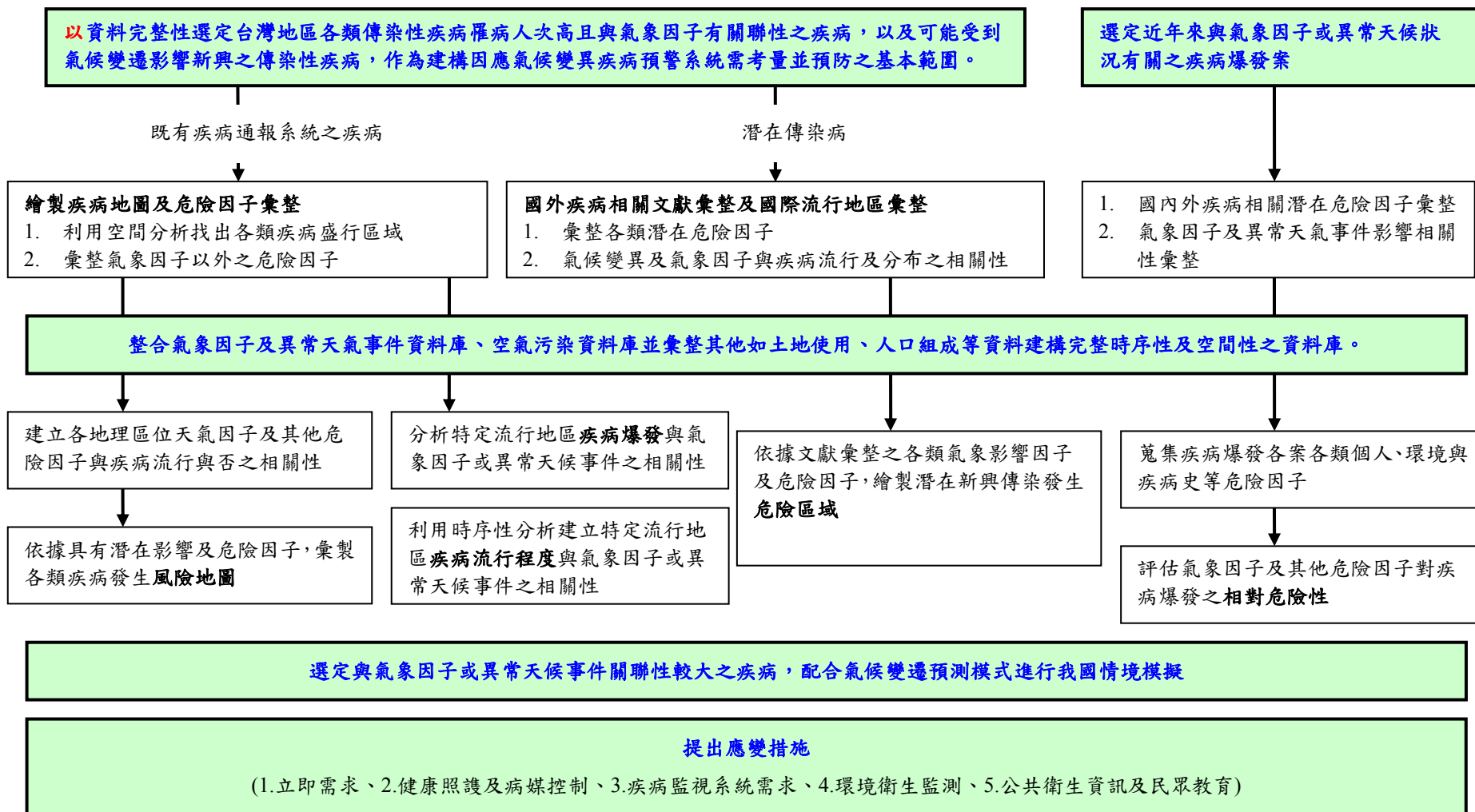
建構臺灣地區氣候變遷對傳染性流行疾病影響的監視系統模式

我們將依相關資料之彙整與今年度初步特定疾病分析評估之結果，進一步探討我國現行傳染性疾病監視系統是否足以估計天氣變異及異常天候狀況相關疾病發生問題的大小、是否足以發掘新的問題(例如運用監視系統得知台

灣地區將有登革熱疫情爆發)、是否可找出高危險族群(例如運用監視系統得知台灣地區那些鄉鎮比較容易發生登革熱)以及是否足以評估趨勢(例如運用監視系統評估某項登革熱措施實行後,登革熱的個案數是否有減少)等相關探討,以供未來對於台灣地區相關疾病研究分析及資料彙整較為完備後,探討建構臺灣地區氣候變遷對傳染性流行疾病影響的監視系統模式之基礎。

政策上的評估

利用分析所得之影響結果與重點防疫區位之確立,本研究除了將參考彙整世界各國對於相關疾病上之防疫策略外,將進一步利用舉行專家會談,將研究分析與資料收集之結果,以此與相關部會專家商談,以達到經驗交流與分享,共同討論且提出相關因應之道。這將可結合各部會之意見,並吸取各專家之見解已達到整合性之建議,以提出較為宏觀且全面性的監測防疫與政策上之建議。



圖四 研究架構

結果

研究資料之描述

我國法定傳染病通報資料，回溯至 1994 年之歷史資料，通報資料可依最小之鄉鎮區行政單位彙整不同時間段落之解析度，以供後續與不同時間解析度之相關氣象資料相關性進行彙整探討。而利用疾病管制局提供之特定傳染病資料，並且結合本研究團隊歷年結合之法定傳染病資料庫，經過去除地區不明、資料不全以及排除有登記之境外移入個案後，選取有登錄之確診病例納入研究之中，並整合及更新研究之相關資料庫，包含疾病資料、傳媒資料、氣象資料、人口資料與圖層資料等，經過跨部會跨領域之整合已完成分析資料庫之建置，其資料量資龐大且細密，每一資料欄位之最小解析度為每鄉鎮每日之資料，故自 1994 年至 2008 年每一資料欄位共有 $15(\text{年數}) \times 358(\text{鄉鎮數}) \times 365(\text{日數}) = 1960050$ 筆資料，故在分析過程當中，資料庫的建置與分析即資料校正上，皆需耗費相當大之資源、經費及心力。而截至目前為止，本研究完成資料如表七所示。

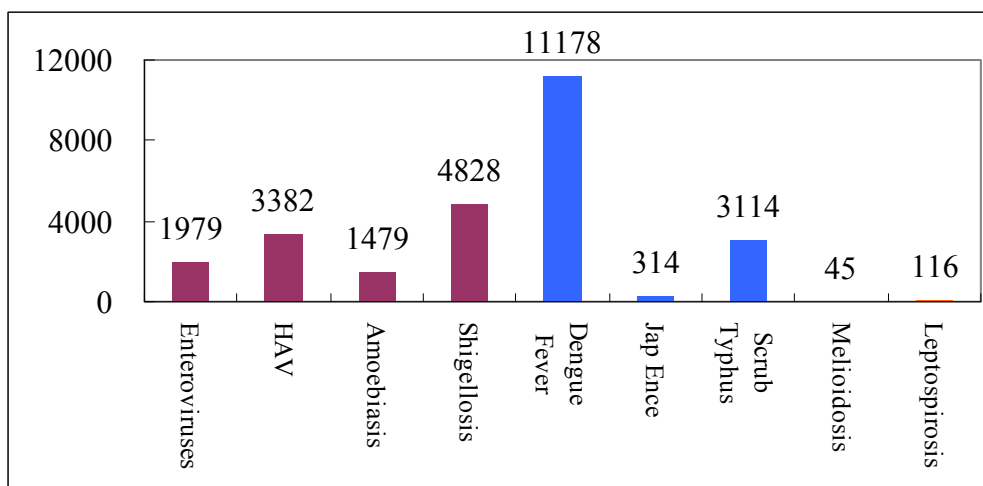
表八 研究資料庫匯整情況

| 資料項目 | 參數 | 基本組成單位 | 解析度 | 資料來源 | 更新進度 |
|------------------|---|-------------------------------|----------------------------------|----------------|------------------------------|
| 法定傳染病 通報資料 | 蟲媒傳染性疾病 腸道傳染性疾病 水患相關傳染性疾病 | 鄉鎮區 (已收集完成) | 每日/ 每週/ 每月/ | 疾病管制局 | 每日/ 1993-2008 |
| 登革熱病媒 蚊指數通報 | 登革熱病媒蚊布氏指數 | 鄉鎮區 | 每月 | 疾病管制局 | 1998- 2008 |
| 瘧疾病媒蚊 | 矮小瘧蚊 | 鄉鎮/村里 | 每月 | 疾病管制局 | 2000- 2008 |
| 氣象資料庫 | 平均溫度、降水量 | | 每日/ 每月/ | 中央氣象局 | 1994- 2008 |
| 人口資料庫 | 人口普查問卷資料，共三 十八個變項 | 鄉鎮區 縣市/鄉鎮區 | 每年 | 內政部 | 1983- 2007 2002- 2007 |
| 各圖層資料 庫 (GIS) | | 台灣全區/縣市 鄉鎮界/村里 特定縣市 | 1/25000 1/25000 1/5000 | 勤崙科技 | 1998-2005 |
| 颱風侵台事 件統計 | | -- | | 中央氣象局 颱風資料庫 | 1958-2008 |

研究在資料庫的建置彙整後，經過國內外文獻回顧，篩選與氣候因子相關之傳染性疾病，以及考慮可能存在季節性變動與在台發生率之後，研究決定納入 9 種傳染性疾病以進行初探分析(表八)。以簡單之描述性統計可發現在 1998 年到 2008 年之中，研究中所納入之 9 種法定傳染病，以登革熱、恙蟲病、急性 A 型肝炎、桿菌性痢疾、阿米巴性痢疾與腸病毒(重症)之確診人數較高(圖五)。

表九 可能與氣候因子存在關聯性之傳染性疾病

| 疾病名稱 | ICD-9 | 疾病分類 | 潛伏期 |
|--------|-------|---------|---------|
| A 型肝炎 | 701 | | 15-50 天 |
| 阿米巴痢疾 | 006 | 腸道傳染病 | 2-4 周 |
| 腸病毒重症 | 749 | | 2-10 天 |
| 桿菌性痢疾 | 004 | | 1 周 |
| 恙蟲病 | 812 | 蟲媒傳染病 | 6-21 天 |
| 登革熱 | 061 | | 3-14 天 |
| 日本腦炎 | 620 | | 5-15 天 |
| 鉤端螺旋體病 | 100 | 水患相關傳染病 | 2-30 天 |
| 類鼻疽 | 025 | | 2 天以上 |



圖五 1998 到 2008 年間與氣候相關之法定傳染病之累積人數

然而，台灣地區當中發生人數最多的傳染病除蟲媒傳染病(如登革熱、恙蟲病)之外，已發生案例數來看可發現在接觸或空氣傳播之傳染病亦相當嚴重(如流行性感冒、猩紅熱)，但是在國際研究當中，對於氣候因子是否影響接觸或空氣傳播之傳染病之研究，在機制的部份使難以推斷，僅能猜測溫度或濕度在空氣的傳播動力學上可能有所

關聯，即使研究當中分析出氣候因子確實影響接觸或空氣傳播之傳染病之發生或流行，但在無完整推論之下，將使推論偽陽性之機會增加，因此接觸或空氣傳播之傳染病在本研究當中無納入討論。

長期趨勢下氣象因子對氣候相關傳染病之影響

研究以週間資料之氣象因子(每週平均溫度與每週累積雨量)與傳染性疾病之累積病例發生率進行關聯性分析，利用皮爾森(Pearson)相關係數以判定是否具有統計上之顯著相關，以確定各雨量及溫度等氣象因子與疾病發生與群聚現象爆發兩者間的相關性。

表十 每週累積雨量及平均溫度與週累積病例發生率之關連分析

| 疾病中文名 | 傳染病分類 | 平均雨量 [§] | 相關係數 | P 值* | 平均溫度 [§] | 相關係數 | P 值* |
|--------|-------|-------------------|--------|-------|-------------------|--------|-------|
| A 型肝炎 | | Lag ₆ | -0.116 | 0.005 | Lag ₇ | -0.254 | 0.000 |
| 阿米巴性痢疾 | 腸道 | Lag ₈ | -0.090 | 0.031 | Lag ₆ | -0.145 | 0.001 |
| 桿菌性痢疾 | 傳染病 | -- | -- | -- | Lag ₇ | 0.169 | 0.000 |
| 腸病毒重症 | | Lag ₀ | 0.118 | 0.004 | Lag ₀ | 0.206 | 0.000 |
| 日本腦炎 | 病蟲媒 | Lag ₁ | 0.262 | 0.000 | Lag ₀ | 0.365 | 0.000 |
| 恙蟲病 | 傳染病 | Lag ₆ | 0.245 | 0.000 | Lag ₆ | 0.406 | 0.000 |
| 登革熱 | | Lag ₈ | 0.083 | 0.047 | Lag ₇ | 0.303 | 0.000 |
| 鉤端螺旋體病 | 水患相關 | Lag ₆ | 0.112 | 0.004 | Lag ₇ | 0.159 | 0.000 |
| 類鼻疽 | 傳染病 | -- | -- | -- | Lag ₃ | 0.145 | 0.000 |

* P 值選擇標準為 p-value<0.05，-- 則表示無顯著相關

§ 氣候因子之週延遲效應，共有 Lag₀, Lag₁, ..., Lag₈，表示 0 到 8 週前的週累積降雨及週平均溫度對傳染性疾病的週積發生數之影響

經關聯分析之初探結果找出每一氣候相關傳染性疾病之顯著延遲週數。以恙蟲病為例而言，溫度及雨量皆為 Lag₆ 最為顯著，表示六週前的高溫及多雨之發生，對於六週後的恙蟲病之發生率有顯著之相關。而找出氣候因子對傳染性疾病的特定延遲效應後，研究需進一步探討氣候因子在特定延遲下對氣候相關傳染性疾病到底產生多少風險。故利用關聯性分析所找出之顯著延遲週數，並在修正疾病與氣象因子的季節趨勢後，配合氣候因子的特定延遲影響，以廣義加乘模型下之相對發生危險性估計來看氣象因子對傳染性疾病之發生的相對影響性(表十)。

表十一 氣候因子在廣義加乘模型下之相對發生危險性估計

| 傳染性疾病 | 分類 | 溫度之相對發生危險 ^{1,2} | 雨量之相對發生危險 ^{1,2} |
|--------|---------|--------------------------|--------------------------|
| A 型肝炎 | | 0.949 ^{**} Lag7 | 0.941 ^{**} Lag6 |
| 阿米巴性痢疾 | 腸道傳染病 | 1.022 ^{**} Lag6 | 1.028 ^{**} Lag8 |
| 桿菌性痢疾 | | 1.151 ^{**} Lag7 | -- |
| 腸病毒重症 | | 1.112 ^{**} Lag0 | 1.073 ^{**} Lag0 |
| 日本腦炎 | | 1.035 ^{**} Lag0 | 1.073 ^{**} Lag1 |
| 恙蟲病 | 病蟲媒傳染病 | 1.325 ^{**} Lag6 | 1.036 ^{**} Lag6 |
| 登革熱 | | 7.460 ^{**} Lag7 | 1.131 ^{**} Lag8 |
| 鈎端螺旋體病 | 水患相關傳染病 | 1.078 ^{**} Lag7 | 1.001 ^{**} Lag6 |
| 類鼻疽 | | 1.058 ^{**} Lag3 | -- |

--沒有統計上之顯著 ** $p < 0.05$

¹ 氣候因子之週延遲效應，共有 Lag0, Lag1, ..., Lag8

² 廣義加程模型下之相對發生危險性估計

利用疾病與氣象之週間資料，以長期趨勢來看，發現每週平均溫度對於傳染性疾病的影響皆呈現統計顯著，尤其溫度對登革熱(RR=7.460_{Lag7})的影響特別突出，表示前7週的高溫對於登革熱的發生有顯著加乘之影響。而特定溫度延遲下，每增加1°C可發現在恙蟲病(RR=1.325^{**}_{Lag8})、桿菌性痢疾(RR=1.151^{**}_{Lag7})、腸病毒71型(RR=1.112^{**}_{Lag0})會有10-32%發生風險的增加。其他傳染性疾病每增加1°C及傳染性疾病之相對發生風險亦有2-8%的增加。僅在A型肝炎的部份較為特別，其溫度之增加對疾病之相對發生為拮抗作用，表示溫度較低時A型肝炎的發生風險相對較高。

台灣地區之氣候相關傳染性疾病多發生於春季至秋季，且溫度的增溫對氣候相關傳染性疾病多為加乘影響，這表示未來氣候暖化之下，氣候相關傳染性疾病將可能加劇，而根據溫度上升之情形來看，未來溫暖的季節日數將會拉長，配合文獻上之發現，意味著相關傳染性疾病其媒介生長期與疾病流行期亦將隨之延後，尤其在對溫度特別敏感的蟲媒傳染性疾病而言，在越趨暖化的氣候下將擴張其流行趨勢，無論流行的時間或是空間都將可能擴大。

而整體來說，每週累積降雨量的趨勢對傳染性疾病發生數而言，顯著性較低，且對氣候相關傳染性疾病的發生風險最大僅在登革熱

(1.131^{**}_{Lag8})中表示出 8 週前的累積降雨量每增加 1 毫米，則 8 週後登革熱的相對發生風險將增加 13%。表示以週間雨量的單位增長對傳染性疾病之發生趨勢影響不如預期。而以台灣地區的氣候特性來看，可發現強降雨多是僅出現在一週間的其中幾日，故以週間累積降雨來評估對傳染性疾病之影響，可能會有單位抵銷之可能，因此後續雨量之影響將在日極端降雨的部份將多有著墨。

日極端氣候下氣象因子對氣候相關傳染病之影響

在長期以氣象在週間的變化對傳染性疾病的影響來看，可發現長期暖化對所有氣候相關傳染性疾病多有加乘效果，但雨量之影響較為不明，因此研究近一步利用日極端氣象來評估對傳染性疾病之影響。在進入研究之前，研究將台灣本島之 358 鄉鎮，利用其各自的每日平均溫度及每日累積降雨分布找出其各自的極端氣候。然而所謂極端氣候即表示在多數的氣象事件分布上發生機率極為罕見者稱為極端，而國際上大多以發生機率 10% 以下之事件來進行研究。

研究為使資料結構可更易理解，大略將 358 鄉鎮各自的溫度及雨量分布進行平均計算後(每一鄉鎮之日雨量與日溫度皆為一獨立分布，每一鄉鎮之溫度及雨量各有 365 天的觀察值，表示 358 個分布後再取其平均值以助理解台灣地區之氣象情形)，如表十一所表示。

表 十二 台灣本島 1994 到 2008 年每鄉鎮每日溫度及雨量之分布

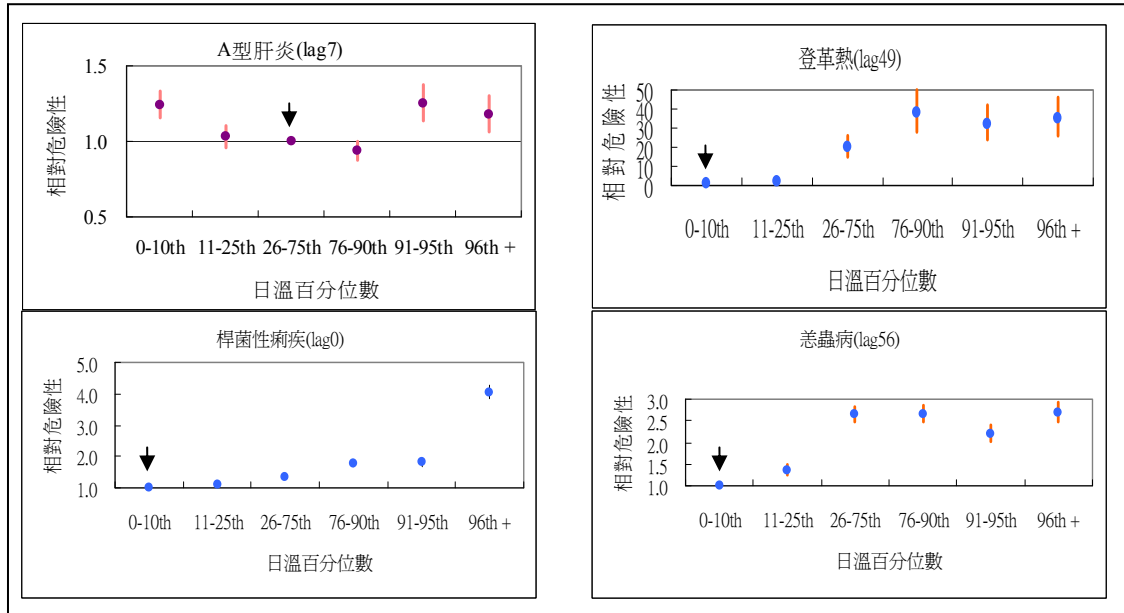
| 百分位數 | 一般降雨 | | | | | | 大雨 | 豪大雨 | 超大豪雨 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|
| | 10th | 25th | 75th | 90th | 95th | 99th | 99th+ | 99th+ | 99th+ |
| 雨量 (毫米/每日) | 0.00 | 0.04 | 4.63 | 17.83 | 30.80 | 92.80 | 130-200 | 200-350 | >350 |
| 溫度 (°C/每日) | 15.53 | 18.70 | 25.79 | 27.49 | 28.22 | 30.21 | | | |

■ 日均溫對傳染性疾病之影響

在此為每日平均溫度的部份為每日 24 小時的日夜溫度均值，然而氣象報告上出現的極端溫度多是指每日的瞬時最高溫度，因此與一般大眾印象不盡相同。而在根據 1994 年到 2008 年的資料顯示，利用每鄉鎮之分布平均後之結果可發現，平均來看台灣地區在溫度的部份則可發現，台灣地區平均而言溫度多集中在 15.53-27.49°C 之間，當日平均溫度超 30.21°C (表示一天當中無論日夜的每小時溫度都在 30 度以上)發生的機率就在 1% 以下。而在極端溫度對健康衝擊的部份，以國際上之文獻多為探討極端溫度對死亡效應之影響，如心血管疾病死亡率與呼吸道疾病死亡率，對傳染病之影響探討甚少。在台灣地區之氣候相關傳染病多是發生在春至秋等溫暖之季節，長期溫度之提升之影響確實對疾病有較大的衝擊。但研究亦試探索極端溫度對傳染病之

影響，來確認極端溫度是否有特殊之效應。

根據資料顯示在台灣地區 4 種主要氣候相關傳染性疾病當中，其在不同溫度百分位數分布之下的發生風險(圖六)，可發現除 A 型肝炎之外，皆是相較於低溫而言，在溫度越高的情況下傳染性疾病的相對發生情形越高。這主要因為氣候相關傳染性疾病多好發於春至秋季，皆屬於暖季性疾病，因此在溫度的效應上無論是以長期週間資料或是極端日均溫資料，皆可發現溫度的上升對相關傳染性疾病多有加乘效應。因此極端溫度並未有特殊之效應影響，故不再更深入探討。



圖六 台灣地區 4 種主要氣候相關傳染性疾病在不同溫度百分位數下的相對發生風險(箭頭處乃基準組)

■ 日雨量對傳染性疾病之影響

強降雨對傳染性疾病之影響

而在雨量的部份，每年每日的累積降雨有百分之二十五皆是 0.04 公厘之下，而百分之七十五皆是在 4.63 公厘之下，表示普遍而言台灣地區之降雨屬乾燥至微降雨之型態。而在每日發生超過百毫米之降雨，幾乎平均而言每年發生的機率僅百分之一以下，故台灣地區中樣氣象局定義之大雨(130mm-200mm)、豪大雨(200mm-350mm)以及超大豪雨(350mm 以上)以上之降雨，皆為非常極端之降雨情形。

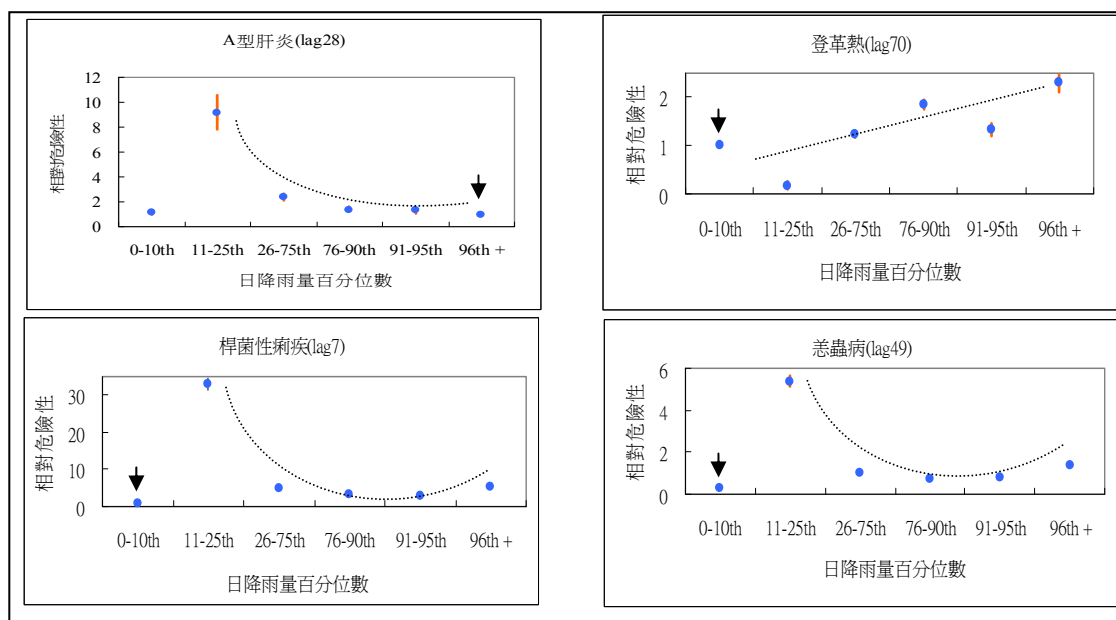
然而國際上對雨量探討則發現，過多的降雨會使水中的疾病病原體的分佈範圍擴大 (Auld et al. 2004; Schuster et al. 2005; Shahid 2009)。如孟加拉的文獻指出大雨將排泄物沖刷至儲水系統中，導致兒童的腸胃道疾病(Gastro-intestinal tract disease)發生率增加(Koelle 2009)。印度 Walkerton 區則發現大雨和水媒傳染病(Water-borne disease)的暴發有顯著相關(Auld et al. 2004)。美國研究指出大雨以及暖化的湖水，使五大湖區的水源安全受到影響，可能使飲用此區水源之人民，得到水媒疾病的風險提高。政府間氣候變遷小組的第四次報告中則提到，美洲南威斯康辛地區的極端降雨事件將會增強 10% 到 40%，且發現會因此提高淹水及因為大流量進入密西根湖，而導致

該區域人民受到水媒疾病侵襲之風險上升(JA Patz et al. 2008)。

但這些研究皆是針對整體而言雨量的增加對疾病之影響來做探討，並無法看出當雨量極端累積時對相關疾病之影響性。而台灣地區的降雨特性，根據中央研究院的研究發現，台灣地區近 50 年來之年總降雨量無太大的變化，但是在降雨強度上有逐年增強之趨勢，表示日強降雨對台灣之影響逐年增加。故針對台灣地區的降雨特性而言，總雨量之探討實不如日極端降雨之重要，尤其台灣地區每逢颱風季節極端降雨甚至可達每日累積至 1000 毫米之超大暴雨(如 2009 年 8 月 Morakot 颱風襲台，高屏地區三天之總累積降雨甚至高達台灣地區年總累積降雨量之 2000 毫米以上)，故日極端降雨對台灣地區之健康衝擊之探討實為重要，不僅代表台灣地區本土的氣候及健康特性，亦是國際上仍未有相關發表的發現。

研究利用台灣地區 1994 年至 2008 年每鄉鎮之雨量分布資料，在 95 百分位數下(30 公釐以下)做雨量與疾病間的關係初探，以利用研究結果做下一步分析之參考。結果發現在 95 百分位數下之雨量對 4 種主要氣候相關傳染性疾病而言，在每日降雨量對恙蟲病及桿菌性痢疾之影響性而言，可發現雨量與恙蟲病及桿菌性痢疾之發生率呈似乎呈現 U 型關係(圖七)，表示在此兩種傳染性疾病中，相較於完全沒有

降雨的情況而言，在 10 百分位(0.04mm)與 95 百分位(30.08mm)之降雨對恙蟲病及桿菌性痢疾之發生皆有加乘作用。但在日雨量在 30 公釐以下的探討中，雨量對恙蟲病及桿菌性痢疾之發生率的 U 型尾端的上升關係較為薄弱，可能是由於日雨量的強度不足以使疾病的發生產生鑑別度，因此需要在百公釐以上的強降部分有進一步的探討。而 30 公釐以下的雨量對登革熱的影響，則發現登革熱隨雨量之增加則疾病的相對發生風險亦隨之上升。在 A 型肝炎的部份，則可發現相較於雨量多的時刻，在日雨量 4.63 毫米(雨量七十五百分位數)以下時發生機率是較大的。



圖七 台灣地區 4 種主要氣候相關傳染性疾病在不同雨量百分位數下的相對發生風險(箭頭處乃基準組)

以上乃針對台灣地區普遍之降雨(發生機率 99%)對傳染性疾病之影響探討，而由於台灣地區由中央氣象局所定義之強降雨(大雨、豪大雨、超大豪雨)皆是在日累積雨量達 100 毫米以上，在台灣地區之雨量分布皆是發生機率在百分之一以下，故研究針對 9 種氣候相關傳染性疾病，對特定的雨量延遲日數效應下，研究進一步針對百毫米降雨下相對強降雨(百毫米以上)對傳染性疾病之影響。

而雨量對傳染性疾病之影響，則在日極端降雨有較顯著之衝擊。當每日累積降雨量達豪大雨(200mm-350mm)時，蟲媒傳染性疾病(登革熱、恙蟲病與日本腦炎)發生風險將較一般降雨量時增加 2 倍與 10 倍(表十二)。但若每日降雨量超過超大豪雨(350mm 以上)，則可能因蟲媒棲息地完全被破壞，使得發生風險反而下降，這個部份的發現與國際上相關蚊媒研究之結果吻合。

表 十三 不同雨量對蟲媒傳染性疾病相對發生危險之影響

| 雨量事件 | 降雨量 (毫米/日) | 登革熱 ^A | 恙蟲病 ^B | 日本腦炎 ^C |
|------|---------------|------------------|------------------|-------------------|
| 一般降雨 | <130 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 大雨 | 130-200 | 2.18** | 2.58** | 1.29 |
| 豪大雨 | 201-350 | 2.48** | 5.11** | 10.77** |
| 超大豪雨 | >350 | 3.07 E-08 | 1.45** | 4.18 E-08 |

^A 雨量延遲效應為 70 日

^B 雨量延遲效應為 49 日

^C 雨量延遲效應為 7 日

** $p < 0.05$

而在腸道傳染病與水患相關傳染病的部份，可發現相較於一般降雨的情形下，桿菌性痢疾、腸病毒重症、鉤端螺旋體病與類鼻疽之發生風險隨每日降雨量之增加而遞增(表十三)，尤其在超大豪雨過後，桿菌性痢疾其發生風險甚至為一般降雨量時之 28 倍。然而在鉤端螺旋體病與類鼻疽的部份，由於資料僅有 2006-08 等三年資料，病例數及資料期限皆有限，因此對於極端雨量對鉤端螺旋體病與類鼻疽的影響，還需要更多資料來進行佐證。然而，在 2009 年 Morakot 颱風侵台後，帶來日累積降雨 350mm 之超大豪雨，在豪大雨後侵襲區及積水區亦發生鉤端螺旋體病與類鼻疽之群聚，故研究推測若納入 2009 年之資料後，鉤端螺旋體病與類鼻疽在超大豪雨後之發生風險可能大於豪大雨，但仍需要更多資料進行下一步之驗證。而在 A 型肝炎的部分較為特殊，發現日降雨量越大時反而對 A 型肝炎有保護作用，可能為大雨民眾不便外食反而使 A 型肝炎發生風險下降。

表十四 不同雨量對腸道及水患相關傳染性疾病相對發生危險之影響

| 雨量事件 | 降雨量 (毫米/日) | A 型 肝炎 ^A | 桿菌性 痢疾 ^B | 腸病毒 重症 ^C | 鉤端螺 旋體病 ^D | 類鼻疽 ^E |
|------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| 一般降雨 | <130 | 5.41** | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 大雨 | 130-200 | 3.81** | 1.76** | 2.04** | 1.99 E-09 | 3.88** |
| 豪大雨 | 201-350 | 0.15 | 2.47** | 2.17** | 6.75** | 12.78** |
| 超大豪雨 | >350 | 1.00 | 28.81** | 2.23** | 1.99 E-09 | 3.12 E-08 |

^A雨量延遲效應為 28 日

^B雨量延遲效應為 7 日

^C雨量延遲效應為 0 日

^D雨量延遲效應為 14 日

^E雨量延遲效應為 14 日

** $p < 0.05$

■ 颱風與淹水對傳染性疾病之影響

由於台灣地區暴雨事件的天氣系統有絕大多數導因於颱風及梅雨侵襲期，因此本研究為對1993到2005年後颱風事件發生的時間，並依據每日降雨量分布，進行案例分析，並利用地理內插法推估影響之鄉鎮或村里，以劃定達大雨或豪雨程度之影響區域。而研究依據盧孟明博士以時雨量資料機率分佈為基礎的極端降雨事件定義，對1993年到2005年間之颱風侵台事件及梅雨事件定義極端降雨，共選出62個颱風事件與12個梅雨事件，如下表十四所表示。

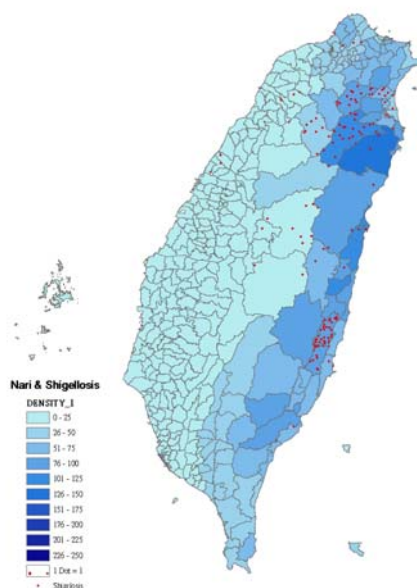
表十五 1993年至2005年間颱風及梅雨事件總整

| 年份 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 總計 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 颱風事件 | 1 | 6 | 4 | 5 | 1 | 5 | 4 | 5 | 8 | 3 | 6 | 7 | 7 | 62 |
| 梅雨事件 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 11 |

針對篩選出的豪大雨事件，本研究利用暴雨事件發生時段的歷史平均雨量與該地區該暴雨事件後的四週疾病病例數進行相關性探討。利用 GeoDa 空間迴歸進行影響程度評估，一般在颱風來襲之後，其引進強勁的西南氣流時伴隨發生亦可能產生大雨或豪雨，因此由豪大雨事件後一週的平均雨量對疾病病例數作空間迴歸分析，可看見在 Nari 颱風事件下，後一週的平均雨量對疾病病例數有統計上顯著的影響($p=0.000$)(表十五)，利用個案分析的方式討論，以前述之桿菌性痢疾群聚感染案例中。若深究其與暴雨事件之關連性可發現，在包含颱風及梅雨季節之暴雨事件中，有 5 個豪雨事件後 2 週內發生桿菌性痢疾群聚現象，主要為 1998 Zeb 颱風、1998 Babs 颱風、2001 Nari 颱風、2001 Lekima 颱風、2002 Noguri 颱風事件。而相較而言，這幾個颱風事件亦均有較高之雨量分布，其中以 2001 年 Nari 颱風雨量最高，而分析其降雨分布可發現，Nari 颱風侵台期間，降雨強度較高者主要分布於北部及西部地區，但實際上在颱風離台後一週內所引入之西南氣流則使得東部地區接收到比颱風侵台期間更強之降雨強度(圖八)，而當大量雨降於中部山區及東部地區這些桿菌性痢疾高危險區時，則引起該地區桿菌性痢疾之大量激增現象，但是同樣降在西部地區之大雨則不會引起群聚感染現象。

表十六 暴雨事件後一週的平均雨量對疾病病例數之空間迴歸分析

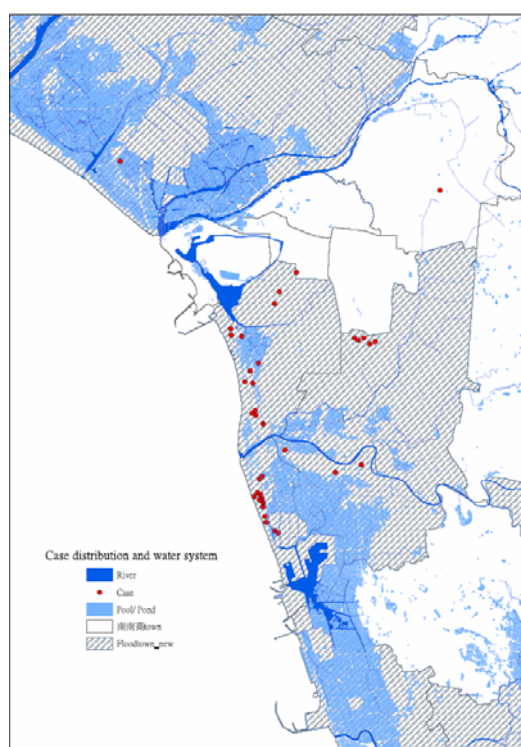
| 暴雨事件名稱 | 群聚之疾病 | coefficient | p-value | R-square |
|------------------------------|--|-------------|---------|----------|
| Nari 颱風 | 桿菌性痢疾 | 0.007 | 0.000 | 0.127 |
| Abe,babs,bilis...等 72 個豪大雨事件 | 在空間分析當中發現，當控制空間地理區之下其他豪大雨事件後一週的平均雨量對疾病群聚時期之疾病病例數皆無顯著相關 | | | |



圖八 Nari 離台後一週降雨強度及桿菌性痢疾案例數分布

而另一案例為2005年類鼻疽爆發之情形，此部份為前期相關研究之發現，而相關資料是由台南奇美醫院莊銀清、湯宏仁，成大醫院柯文謙、施欣怡、王梨容，台南市立醫院張文瀚及秀傳醫院劉有增等醫師提供。研究收集台南三個教學醫院有關類鼻疽患者的就診人數及其

相關就醫資料，如：基本人口學資料、過去疾病史及相關之環境因子變項。發現大部份的個案(92.5%)是未曾到過高流行地區（如東南亞及中國大陸），因此，此次的疫情並非境外移入的事件。而且大部份的病患(70%)是接觸洪水或是泥漿後才有症狀出現，其中有27名病患(67.5%)有慢性疾病史，如：糖尿病、腎衰竭、癌症、肝硬化等等。最重要的是其中97.5%的病患(39位)其居住地區有積水通報(圖九)。



圖九 2005 年 Haitang 颱風後的類鼻疽爆發

而此兩例雖皆為案例報告，但確實指出颱風夾雜大雨後對相關傳染性疾病之疫情卻有影響，亦呼應研究中發現極端降雨會增加相關傳

染性疾病之發生風險之可能，故針對雨量事件下的傳染病探討，應該要持續進行研究並深入追蹤其因，以杜絕氣象災害後伴隨相關疫情之發生。

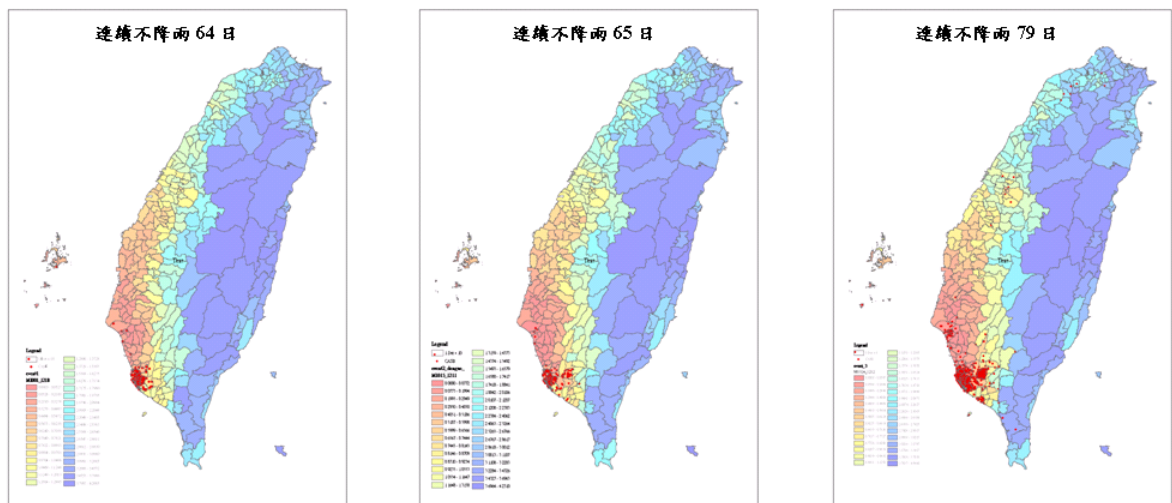
■ 乾旱對傳染性疾病之影響

乾旱會造成水源取得(由其是乾淨的水源)的匱乏，由於能使用之地表水缺乏、或是民生使用水之水質受汙染等因素，在國際上可發現在乾旱期間因無充足之潔淨水洗滌而傳播的疾病(如 A 型肝炎、霍亂、傷寒等)危害提高，或者是影響到其他水媒介傳染性疾病的傳播(如桿菌性痢疾、腸病毒等)(Luque Fernandez et al. 2009; Zavalloni et al. 2009; Islam et al. 2009)。但在台灣地區之氣候來說，百分之七十五的天氣皆是屬於微降雨以下的情況，故台灣地區是普遍乾燥的氣候，且台灣地區普遍使用自來水，管線及淨水設備再加上台灣地區為沸水飲用之習慣，以及衛生經濟相較國際發現乾旱區為佳之情況，故乾旱在台灣地區之影響性是較難評估的，但研究中仍嘗試進行相關分析。

利用中央氣象局的資料發現，台灣地區不降雨日(0 毫米)達 20 天稱乾旱，但 1994 年到 2008 年間幾乎平均每一鄉鎮每年可發生 2-3 次乾旱，而超過 50 之無降雨日(0.6 毫米)稱為小旱，在同一時期而言，台灣地區僅 2002 與 2008 年出現小旱事件，而超過 100 之無降雨日(0.6

毫米)稱為大旱則僅 2008 年在將軍鄉發生。

而研究將台灣地區每一鄉鎮的乾旱日期標示出，並且配合每一疾病之成熟期、傳播期、潛伏期等，以特定乾旱延遲下去討論乾旱時雨量對傳染性疾病之影響，透過空間分析之後，僅發現 2002 年小旱發生時期與登革熱之發生數有統計上之顯著相關(圖十)。



圖十 2002 年小旱事件時雨量與登革熱發生數之相關

但同樣發生小旱事件的 2008 年卻未發現乾旱時期之雨量對任何氣候相關傳染性疾病有相關，由於台灣地區經常性之乾旱對健康衝擊不顯著，而小旱以上之較嚴重之乾旱事件資料較不充足，故研究無法佐證乾旱對傳染性疾病有顯著影響，僅能以上述統計分析之結果(圖七-八)來說，對登革熱、A 型肝炎、恙蟲病及桿菌性痢疾而言，乾季有能使

其發生機會上升，但機制並非國際上所發現之因民生使用水之水質受汙染所導致之情形，要有更深入之討論仍需相關資料之佐證。

■ 其他社會經濟或地理因子對傳染性疾病之影響

研究進一步利用主成分分析法(Principle component analysis, PCA)，將原始之人口及社經指標「轉換」使之成為一些互相獨立的線性組合變數，而且經由線性組合而得的主成分仍保有原變數最多的資訊，而萃取出具代表性的主成分便可進一步用以分析傳染病發生空間分布及主成分空間分布之相關性。研究利用內政部人口普查資料中的 38 個社會經濟變數，利用主成分分析法來縮減變數，由 PCA 分析結果，分別依照其因素負荷及解釋變異量，共萃取出 4 個主成分，分別為 PCA1：都市化程度及醫療資源、PCA2：易感受性之族群、PCA3：原住民及 PCA4：經濟機會缺乏，此四個主成分可解釋原始變數 72% 左右的變異量(表十六)。

進一步利用四個主成分之特徵值 (eigenvalue)，以空間回歸分析探討四個主成分特徵值分布對於疾病案例分布之影響。然而研究針對 4 個台灣地區主要氣候相關傳染性疾病以及其在國際上同樣為氣候變遷之探討下所找出之危險因子，做一彙整整理(表十七)，可發現台灣地區相較於國外之研究發現，可看出在海拔、原住民比例等地區為主

要之危險因子，另外像登革熱與 A 型肝炎等人口密集型傳染性疾病，可發現都市化程度及醫療資源對其之發生有顯著影響。

表十七 因素負荷及解釋原是變異量之百分比

| 主成分因子 | 解釋變異量 | 因素負荷 |
|-------------------------|---------------|--------|
| PCA1: 都市化程度及醫療資源 | 24.43% | |
| 每萬人口診所數 | | 0.820 |
| 每萬人口醫生數 | | 0.683 |
| 自有住宅比例 (%) | | -0.812 |
| 服務業比例 (%) | | 0.784 |
| 農業人口比例(%) | | -0.484 |
| PCA2: 易感受族群 | 21.57% | |
| 獨居老人比例 (%) | | 0.902 |
| 老年人口比例(%) | | 0.902 |
| 失能人口比例 (%) | | 0.690 |
| PCA 3: 較高的原住民比例 | 15.05% | |
| 原住民比例(%) | | 0.873 |
| 無教育比例(%) | | 0.770 |
| PCA 4: 經濟機會缺乏 | 10.92% | |
| 失業率 | | 0.634 |
| 勞工不在居住地工作比例(%) | | 0.754 |
| 解釋總變異量 | 71.97% | |

表 十八 國內外 4 主要氣候相關傳染性疾病危險因子整理

| 疾病 | 研究中找出之危險因子 | 已發表之危險因子 |
|-------|------------|-------------|
| 恙蟲病 | 原住民比例 | 高風險族群 |
| | 溫度(高) | 鼠媒密度 |
| | 雨量(多) | 地域、氣候 |
| 桿菌性痢疾 | 原住民比例 | 個人衛生習慣、 |
| | 海拔高度 | 環境衛生、衛生支持環境 |
| | 溫度(高) | 用水情形、 |
| | 雨量(多) | 年齡、性別、季節 |

表 十九 國內外 4 主要氣候相關傳染性疾病危險因子整理(續)

| 疾病 | 研究中找到之危險因子 | 已發表之危險因子 |
|-------|---------------------------------------|--|
| A 型肝炎 | 都市化程度及醫療資源 溫度(低) 雨量(少) | 個人衛生習慣 環境衛生 衛生支持環境 |
| 登革熱 | 都市化程度及醫療資源 高風險族群 溫度(高) 雨量(多) | 都市化程度 氣候因子 (氣壓、溫度、 濕度及降雨量) 環境衛生 |

然而，氣候之變異為大環境之變遷，影響傳染性疾病之因素非常多樣，在討論氣候因子時不能單僅考慮氣候變動之影響，社會經濟條件及地理環境更為誘發疾病以及是否能有效控制疾病之重要因素，若以台灣地區目前的情況而言，研究將 4 種氣候相關的傳染性疾病其發生率及發生數利用 GIS 系統做一分布呈現，可發現在台灣地區的傳染性疾病發生數多以北高兩都會區較多，但是以發生率來看則反，可發現東部地區的氣候相關傳染病發生率較高。以防疫的觀點多在人數的控制，但以資源的遞送來說可發現東部地區的防疫資源需要再補足。

另外，中西部地區完全無較大的累積案例，這可能表示中西部的篩檢立即通報系統較為虛弱，但亦可能是此地區的防疫情形較佳，防疫單位應該再進一步討論相關問題，我們應使每一鄉鎮皆有所準備以因應未來氣候之變遷衝擊。

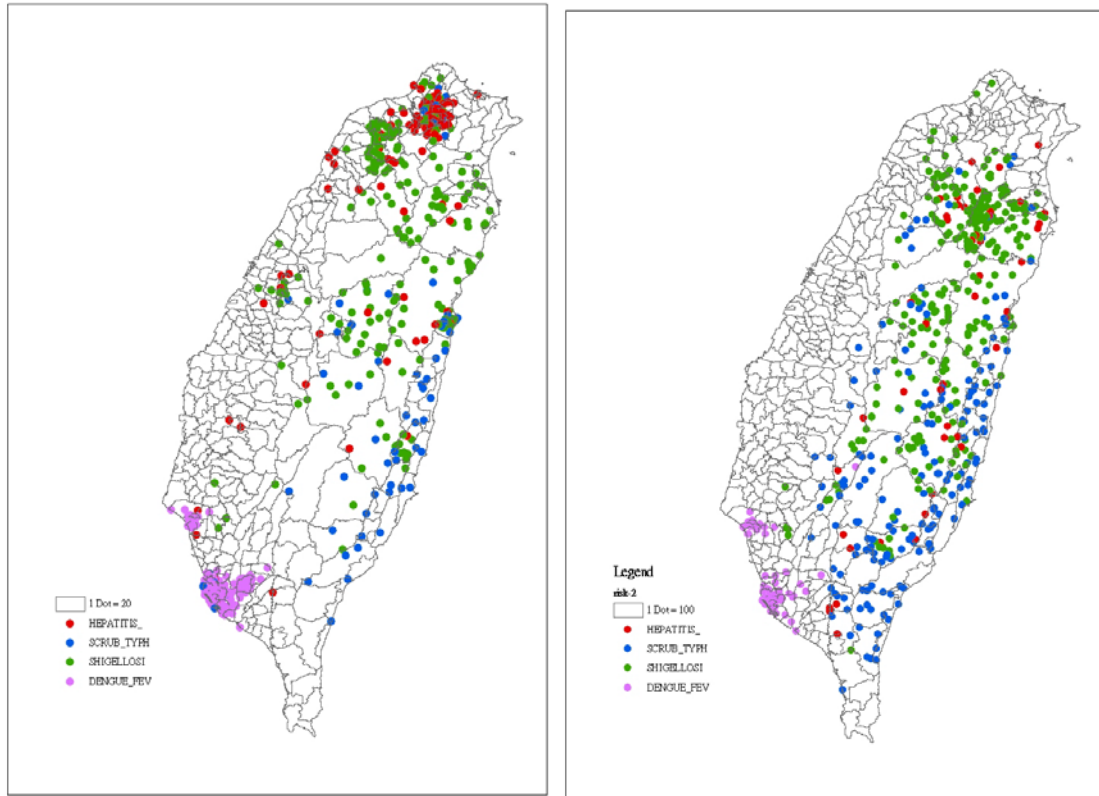


圖 十一 1994 到 2008 年 4 主要氣候相關傳染性疾病之累積分布

台灣地區溫度及雨量對傳染性疾病之未來衝擊預測

為了預估未來異常天候事件對於台灣地區各類健康危害的衝擊，首先必須了解台灣的氣候模式與變化。目前，主要用來研究氣候變遷的氣候模式為全球大氣-海洋耦合模式(coupled atmosphereocean general circulation models, AOGCMs)，它考慮了氣圈運動、洋流、環流、以及大氣/海洋的交互作用。此外，大氣化學、植被及土壤的影響也都考慮在內，是目前模擬溫室氣體影響未來氣候最先進的工具。其中，氣圈的大氣環流模式包括顯示溫室氣體、氣膠對長波和短波輻

射影響的模組。模擬時基於現實上的計算考量，把全球大氣在水平方向上分成許多網格。舉例來說聯合國跨政府的氣候變遷專門委員會（IPCC）報告中列舉的幾個分辨率是T42L28 的氣候模式，水平解析度是280公里（即全球約有20,000 個網格點）。

然而AOGCM是模擬全球尺度的氣候，以解析度來說，不同的模式解析度的大小不同，AOGCM空間解析度不佳對小尺度區域氣候的預報能力不足。且目前AOGCM最小的網格仍比台灣的面積大上兩倍，除了面積狹小以外，台灣的區域地形變化差異大，因此無法使用。所以為了提高模式的解析度，須先將模式進行降尺度的方式，以符合模擬區域性的氣候。

此外，為了能夠評估氣候變遷對於各地區的衝擊，針對不同的社會經濟與自然系統進行評估和提出適應的方法，因此IPCC針對未來國家發展、能源、人口等制定不同的情境特別報告(Special Report on Emissions Scenarios,簡稱SRES)，概分成了A1、A2、B1、B2 四個情境，詳述如下

A1情境

全球經濟大幅成長，市場經濟導向，窮國與富國之間的差距消失，人類大幅投資教育與提高生活水準，科技的成長與資訊流通順

暢，包含以下幾個次情境：

A1B：再生能源與石化燃料並用，土地使用變遷速度適中

A1T：再生能源進展迅速，未來人類不使用石化燃料

A1F1：人類仍然大幅使用石化燃料

A2情境

全球經濟成長幅度不等，而導致工業國家與開發國家的收入差異仍大，科技與人口流動較不暢通，強調家庭或族群生產力，A2的人口成長率是4個情境中最高者。

B1情境

全球的環境與社會意識高漲，並結合全世界的力量來追求永續的發展，經濟發展程度適中，科技發展扮演重要的角色，世界各國的貧富差距縮小。

B2情境

世界各國的人類對於環境與社會的永續發展日趨重視，政府政策為有環境意識的公民所影響，全球化的腳步減緩，而地域性的決策機制顯得更受重視。

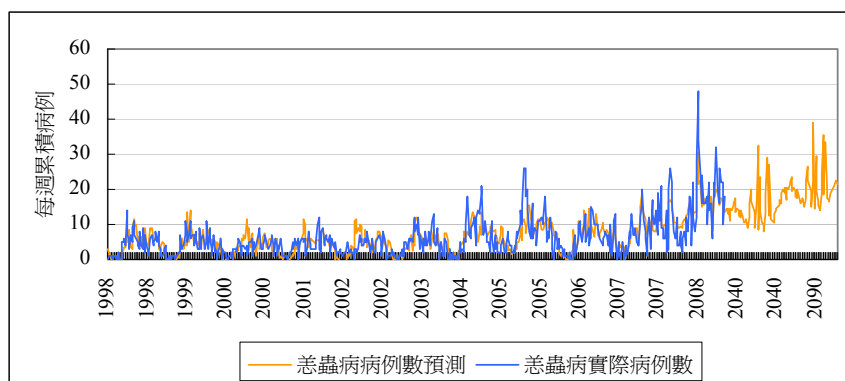
目前國立台灣大學全球變遷研究中心，近年來透過整合國際氣候模式資料，利用不同模式及方法進行動力降尺度區域氣候模式模

擬，並建構區域氣候模擬與預測資料庫及專屬網站，以作為衝擊評估學者資料取用之平台。由於本研究主要探討氣候變遷及未來的極端天氣事件對於各個疾病在台灣地區衝擊之差異，因此，先將前期研究中所建立之長期氣象因子變化趨勢對於疾病流行程度之影響，選擇國立台灣大學全球變遷研究中心建立的台灣地區 PMR 統計降尺度(0.01^o)的資料—PMR 統計降尺度方法，是以 IPCC 第三次報告所採用之氣候模式資料進行降尺度模擬，包括五個模式 GCMS-CCS、CCCMA、ECHAM4、GFDL、HADCM3，且均包含 SRES A2 和 B2 情境資料 (www.gcc.ntu.edu.tw/climate/index.htm)，利用時間尺度 1960-2099 的月平均溫度與降雨資料，配合已建立之既有模式，分別評估未來 10 年或 20 年氣候變化對於台灣地區既有流行之傳染性疾病或死亡率較大之敏感地區疾病發生程度之影響，並且進一步配合前期分析探討之各類疾病分別相關的危險因子或修飾因子，分別評估未來天氣變化是否使特定疾病敏感性區域與族群增加，因而使得對應該類疾病發生之脆弱地區有所變化，以作為未來各類疾病預防區域優先順序與預警系統建立之基礎。

研究選定 CCCMA、ECHAM4、HADCM3 三種大氣模型，並且利用全球變遷中心提供之月均溫資料進行分析，研究先將 2010-2099

年之月均溫資料分成三個年代，2010-2039 為短程、2040-2069 為中程、2070-2099 為長程暖化情形，可發現相較於 2010-2039 年，在百年內的中程暖化情形可發現台灣地區之月均溫將整體上升約 1°C，而長程之暖化情形則為月均溫將整體上升約 2°C(表十八)。

而在恙蟲病的預測方面，研究在固定雨量的分布與 1994 年至 2008 年平均每週累積雨量相同下(雨量之變動趨勢難掌握，故先假設為固定因子)，假設 2040 年代每週平均溫度皆上升 1°C，而 2090 年代每週平均溫度皆上升 2°C(參考全變中心未來溫度預測之變動值)，在 GAM 時間序列模型下，對恙蟲病每週發生數的進行預測。研究同樣發現在未來中長程的暖化之下，若無其他介入抑制時，恙蟲病的病例數將會隨暖化之發生而上升(圖十二)。因此，在隨氣候之暖化下，研究甚至發現在本世紀末，除恙蟲病之病例數將會上升之外，登革熱再也非僅南部流行而是將遍佈全台。

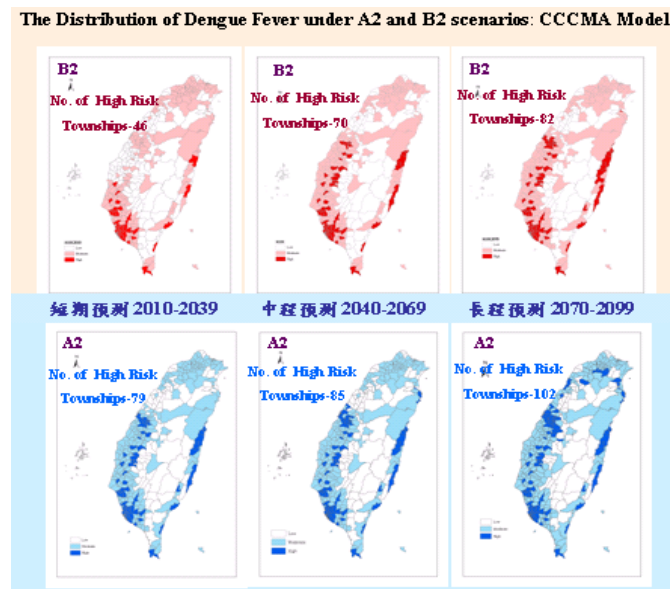


圖十二 台灣地區恙蟲病在未來暖化下發生數之預測

表二十 台灣地區 2010-2100 年平均年月均溫分布(全球變遷中心)

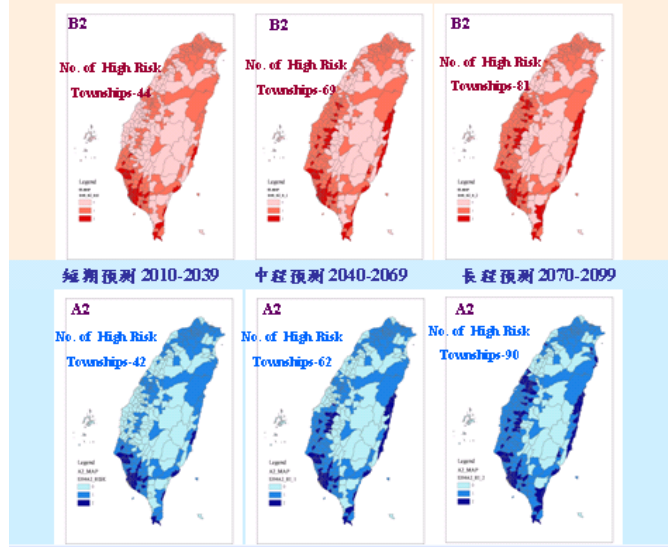
| Model/年份 | B2 模式 | | | A2 模式 | | |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2010-39 | 2040-69 | 2070-99 | 2010-39 | 2040-69 | 2070-99 |
| CCCMA | 22.78°C | 23.27°C | 23.99°C | 22.94°C | 23.53°C | 24.85°C |
| ECHAM4 | 22.29°C | 23.13°C | 23.88°C | 22.29°C | 23.21°C | 24.44°C |
| HADCM3 | 22.22°C | 23.08°C | 23.97°C | 22.69°C | 23.32°C | 24.28°C |

研究利用全球變遷中心之未來月均溫預測，結合登革熱預測模型，發現在假設都市化程度與現在無異的情況下，在 CCCMA、ECHAM4、HADCM3 三種大氣模型下，可發現登革熱的分布將由原本的台南高雄地區往東部及北部擴散，甚至在暖化最為嚴重的 CCCMA 的 A2 情境下(平均年月均溫為 24.85°C)，登革熱發生之高風險鄉鎮將擴及大台北地區 (圖十三至十五)。



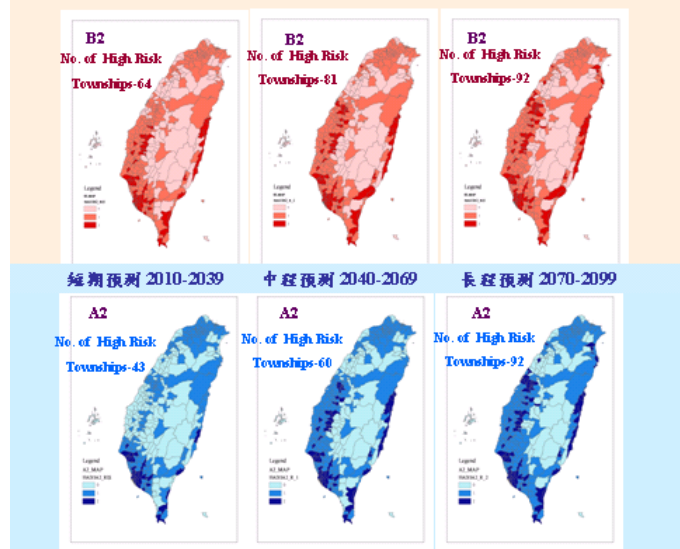
圖十三 CCCMA 模型下台灣地區登革熱風險分布地圖

The Distribution of Dengue Fever under A2 and B2 scenarios: ECHAM Model



圖十四 ECHAM 模型下台灣地區登革熱風險分布地圖

The Distribution of Dengue Fever under A2 and B2 scenarios: HADCM3 Model



圖十五 HADCM3 模型下台灣地區登革熱風險分布地圖

討論

研究結果討論

台灣位在歐亞大陸及太平洋的交界處，地形特性特殊，全島 75% 以上為山地，平均海拔約為 660 公尺、高度在 3000 公尺以上之高山更不在少數等，獨特的地理位置加上受東亞地區的大氣環流、季風、颱風及周圍海流的交互作用，使得台灣地區的氣候受到地形效應的影響，台灣東部至西部、北部至南部，以及高山平地之間各自擁有不同之氣候特徵，也同時具備了副熱帶、熱帶以及高山氣候的特性，因此各地區間氣候特性相差甚大。而地形陡峻、降雨時間不均，據統計台灣每人每年分配到的降雨量實際上只有世界平均值的七分之一，屬於相對缺水國家(李玲玲、楊育昌 2008)。

近 50 年來，台灣降雨出現大範圍的旱澇交替現象，並且周期有逐漸縮短的情形(Lee 2008)。而近 10 年來的平均降雨量減少了 0.9%，而逕流量亦減少了 4.3% 左右，意味著近年來的水資源供給量有減少的趨勢。而依據研究推估 2050 年時台灣冬季降雨量將減少 5 至 10%，夏季則將增加 5 至 10%，每年 5 至 10 月降雨量占全年雨量比例將超過 80%，豐水期與枯水期水源量差異將更大。此外，秋、冬二季在臺灣東部降雨量有增加，但在西南部卻有減少的趨勢，台灣臺灣南部

在相同頻率之下，最長連續不降雨日數也有增加的趨勢，而可能加重春季水源不足的程度，提高該地區乾旱缺水的頻率(李玲玲、楊育昌 2008)。

整體而言我們發現持續暖化的氣候將會惡化蟲媒傳染病的流行程度，尤其對溫度變化相當敏感之登革熱，將會因為溫度的上昇而使得登革熱之病媒埃及斑蚊傳染區發生擴散且傳染期增長。若輔以相關資料可以發現在台灣地區埃及斑蚊的分布，在區域上目前仍維持在嘉義以南，但相較於 1988-1990 年埃及斑蚊的鄉鎮分布數確實有所上升，甚至至今幾乎上升近 1 倍(圖十六)。這可能是檢測技術的改良，但亦可能是埃及斑蚊的分布有擴散的情形，需要疾病管制局再進一步密切注意。

根據文獻指出，氣候變遷對生物的衝擊之大，植物開花期提早、蝴蝶及魚類由低緯度向高緯度北遷，歐洲亦發現利什曼原蟲症之病媒白蛉，相較於 30 年前，有自北非往中南歐擴散之情形。歐洲疾病管制中心指出氣候暖化將對蚊子、白蛉、虱、蠅和嚙齒動物的生長越趨有利，在歐洲的瘧蚊分布已被預測至 50 年後，期將由原本的北非南歐區域擴散至中北歐(IPCC, 2007)。而台灣區的觀測亦需要隨時監控，尤其氣候暖化下，蟲媒將因高溫區域的增加而擴散，因此未來登

革熱主要病媒埃及斑蚊亦可能跨越嘉義向北，此為防疫上必須注意的部份。

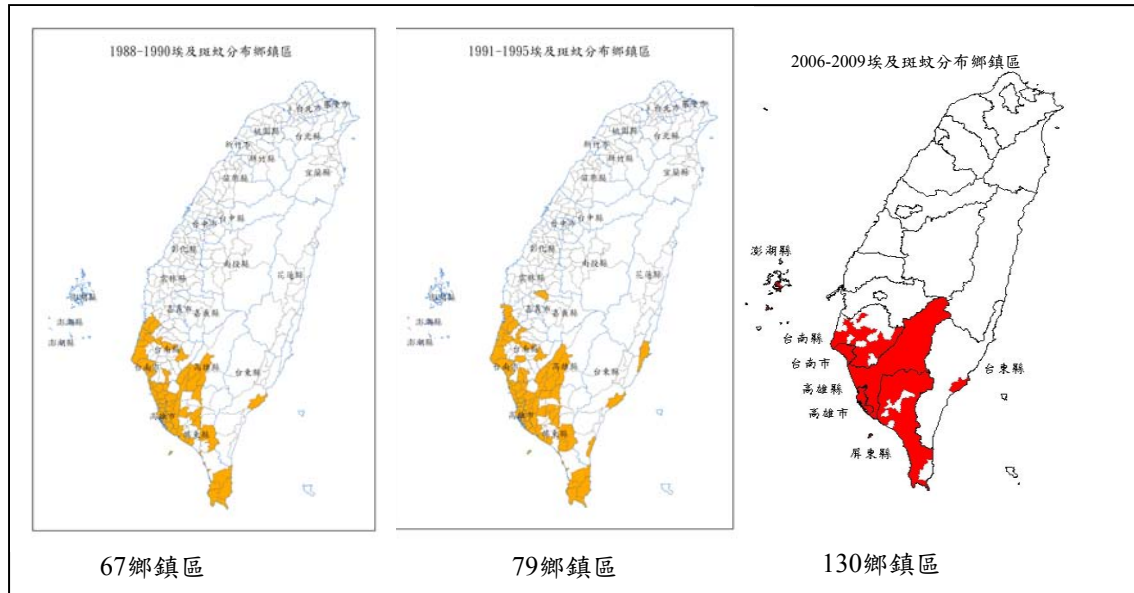


圖 十六 台灣地區埃及斑蚊分布鄉鎮區之變化

極端降雨事件我們發現當將與強度過大時將可能造成山區桿菌性痢疾之爆發，且此群聚易發生在山地鄉或原住民比例較高之地區。尤其在颱風期間，當雨量較大且當經濟醫療資源較匱乏之地區，為桿菌性痢疾之高風險地區。而在南部地區之豪大雨以上之強降雨，將會使鈎端螺旋體病及類鼻疽的發生機會增加，主要為強降雨過時產生的淹水，使居民接觸不淨水泥的機會大幅提高，因此豪大雨或超大豪雨過後，甚至是淹水期間疾病管制局更要注意相關疾病的爆發及滋生。

持續暖化的氣候將會惡化蟲媒傳染病的流行程度，尤其對溫度變

化相當敏感之登革熱，將會因為溫度的上昇而使得登革熱傳染區發生擴散。除此之外，無論是溫暖潮濕或是溫暖乾燥的氣候，皆有利於特定氣候相關傳染性疾病的散佈，而研究中整合發現桿菌性痢疾在東部地區多發生在原住民比例高之區域，在中西部則多為機構群聚爆發。恙蟲病同樣多發生在原住民比例高之東部地區，甚至在都市地區發生可能較高的 A 型肝炎，當以發生率來看同樣發現 A 型肝炎發生率多集中於東部地區，表示東部地區乃防疫上之重點區。而研究統整台灣地區氣候變化下對健康之整體衝擊，如下表十九所示。

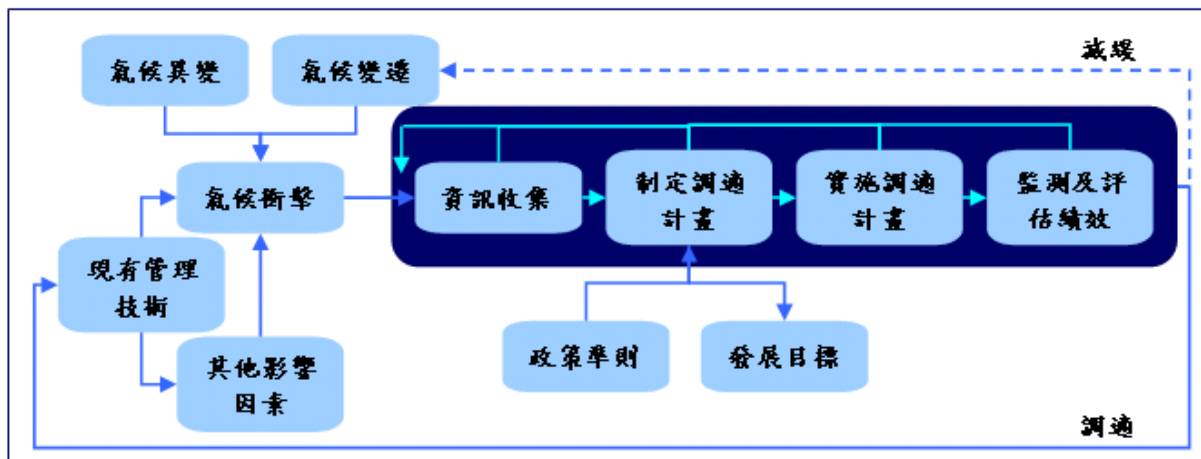
表二十一 台灣地區氣候變化對整體健康之衝擊

| 衝擊種類 | 間接衝擊 |
|-----------------------------------|--|
| 溫度 熱浪及寒潮 溫度的持續上升 | -- * 氣候相關傳染性疾病風險上升 * 登革熱的流行區域上升 * 恙蟲病的案例數增加 |
| 雨量 極端暴雨 乾旱 | * 增加登革熱、恙蟲病及桿菌性痢疾的發生率 * 增加山區桿菌性痢疾發生的可能 * 恙蟲病、A 型肝炎及桿菌性痢疾的發生風險增加 |
| 社會經濟危險因子 | 衝擊傳染性疾病之發生 登革熱：高度市化程度與高危險族群(老年、獨居老人及失能) 桿菌性痢疾：高原住民比例、海拔高度 恙蟲病：高原住民比例 A 型肝炎：高度市化程度 |

台灣地區氣候變遷下的未來調適

因應氣候變遷的衝擊，全球政策的面向主要分為減緩(Mitigation)與調適(Adaptation)兩種。減緩是指減少人造溫室氣體(如一氧化碳、一氧化氮等)排放至大氣中，包括溫室氣體減量與加強溫室氣體的吸收存取。而調適的面向則是調整自然系統與人類系統因應氣候變遷影響，減少損害或開發有益的政策及機會。調適對世界各國而言現在最重要的是依據各國或區域的特性，再評估氣候變遷對該區域的衝擊後，在既有的政策中重新修正或重新排序施政重點，或是重新規劃重點適應方案，而這些適應方案的優先次序或是實行之重點區域則需要依據各國家所分析或界定出之脆弱度或適應能力加以重新分配行政資源及措施政策，而且各部會或領域之衝擊，其調適策略應分別給予。研究則參考了聯合國氣候變化綱要公約中提出對理想調適策略的訂定流程(圖十六)，以及聯合國調適策略步驟來進行氣候變遷下的衝擊評估與調適擬定，五大步驟如下：

1. 界定調適方案的範圍及構思
2. 評估目前的脆弱度
3. 評估未來氣候造成的風險
4. 規劃調適方案
5. 持續進行調適的政策



圖十七 聯合國氣候變化綱要公約中提出對理想調適策略的訂定流程

而台灣的地理位置十分獨特，南部屬熱帶、北部屬副熱帶，且位於亞洲大陸與太平洋交界處，氣候受海、陸的交互影響所以變化十分迅速。在夏季時受到太平洋高氣壓影響，而冬天則受到大陸型蒙古高壓的影響，因此亞洲整體的氣候變化會影響台灣的氣候。且台灣地形全島 75% 以上是山地、平均海拔 660 公尺，因而使台灣的河川具有坡度大、水流急的特點，特別是近年來大規模的土地開發與都市化發展，使得台灣地區的土地含水能力變差，因而台灣地區對於暴雨及颱風的異常天候侵襲抵抗力亦趨弱，動輒損失慘重。由於台灣之地理氣候條件屬颱風發生頻繁的海島型國家，四周環海且地小人稠，氣候變異是直接衝擊全島之水文、水資源、農業生產與農業需水量、公共衛

生及生態環境等，每年發生的颱風、暴雨現象更是影響國內經濟社會發展的重要因素，因此發展屬於台灣本土之氣候變遷之調適實為需要考慮本土之衝擊與特性。

研究收集澳洲、歐洲聯盟、美國、荷蘭、加拿大、聯合國及世界衛生組織，在氣候變遷下的調適報告¹，以及收錄東南亞地區之印度、馬來西亞、菲律賓、新加坡、越南及柬埔寨各國相關研究文獻(東南亞地區目前尚未有國家版本之調適策略綱要)，擷取其中對健康調適之建議，研究中亦歸納健康調適之主要五個工作大項，包括監測、疾病照護、衛生教育、緊急醫療與法令等，並且初步繪製氣候變遷下健康調適之架構(圖十七)。

另外研究利用承接疾病管制局之計畫資源，在 2009 年 10 月 1 日與 10 月 27 日北部南部各舉辦一場之專家會議，共邀請約 20 位專家學者一同參與氣候變遷下的防疫與調適討論，相關會議紀錄請參見附

¹ European Climate Change Programme, <http://ec.europa.eu/environment/climat/eccp.htm>
Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective, <http://environment.msu.edu/climatechange/canadaadaptation.pdf>
Public Health Climate Change Adaptation Strategy, Canada <http://www.climatechange.ca.gov/adaptation/publichealth/>
Climate Change - Health and Environmental Effects, U.S. EPA, <http://www.epa.gov/climatechange/effects/adaptation.html/>
National Climate Change Adaptation Framework, Australia, <http://www.coag.gov.au/>
Health Adaptation to Climate Change, WHO, <http://www.who.int/globalchange/climate/gefproject/en/index.html>
Adaptation to Climate Change, UNDP, <http://www.undp.org/climatechange/adapt/>
Climate change in the Netherlands, Netherlands, http://www.knmi.nl/climatescenarios/documents/KNMI_2009_EN.pdf

錄。而研究利用專家給予之修正與建議建立出氣候變遷下調適專家問卷，並以專家們之回復及修正擬出台灣地區之相關防疫策略，再研究結論與建議之部分有更深入之描述。

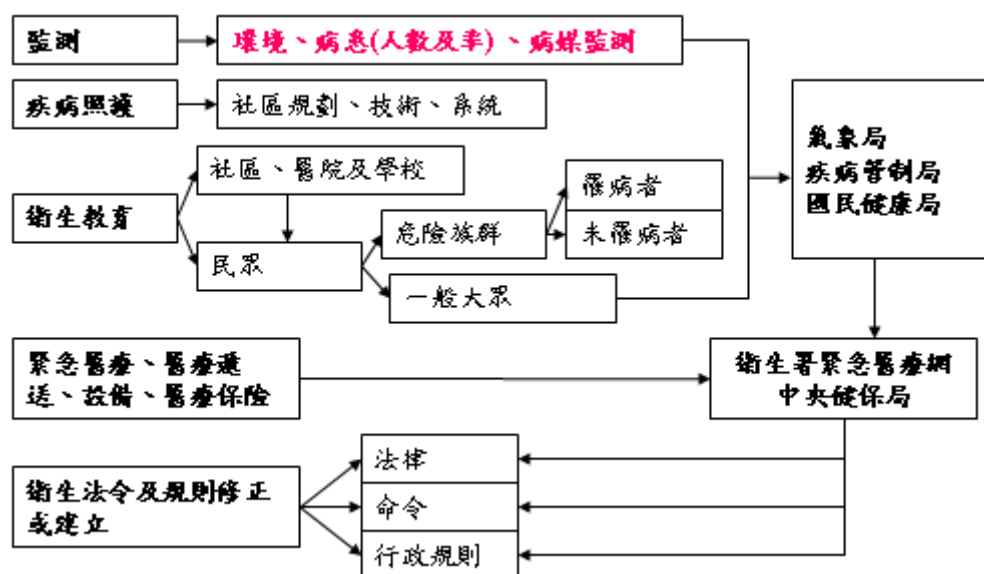


圖 十八 台灣地區氣候變遷下健康調適之架構

然而，對台灣地區而言現在最重要的是依據本土之氣候地理特性，再以發現可能之氣候衝擊下，在既有的政策中重新修正或重新排序施政重點，或是重新規劃重點適應方案，而這些適應方案的優先次序或是實行之重點區域則需要依據政府部門再深入評估資源之規劃與統籌。氣候變遷對台灣民眾健康之不同面向衝擊顯然將因變異加劇而增加，故調適策略之規劃亦日漸重要。

研究建議，未來健康調適應可分為三個重點進行，分別為行為之調適、技術之加強與架構的重組及強化。行為調適的部份即為人民衛生教育之加強，包括衛生教育應該持續深入小學教育、社區等基礎，教導氣候災害發生時的因應，衛生條件的維持及疾病的預防措施等。技術之加強則包含氣象配合病媒監視系統的建置、地理資訊系統上的病人及病媒監控、疾病防治與病媒控制技術、緊急醫療技術的建置、氣候預報及災害預警系統的精確，皆應投入大量資源來提升。架構的重組及強化則應該在對政府各部門間之合作，工作之分配來重新思考，如何取代各部分立而使公部門效率及效果同步提升，並且達到無縫接軌之效能，皆是我們在迎接下一世紀中所需進化的課題與使命。

結論與建議

研究結論

本研究透過陸續建置臺灣地區傳染性疾病監測資料庫、氣象資料庫、人口、各類疾病地理分布屬性資料庫、病媒蚊指數資料庫，針對氣象因子對於蟲媒傳播疾病與水媒傳播疾病等傳染性疾病進行空間分佈與流行規模之大小進行評估探討。

研究發現氣候變化對臺灣地區傳染性疾病之衝擊，可發現溫度的上升將連帶使多數相關傳染性疾病發生風險提高，而在特定延遲週數之下，當週均溫上升 1°C 可使登革熱發生風險將相對增加 7 倍，對腸病毒重症、桿菌性痢疾及恙蟲病也相對會有 10-32% 發生風險的增加，至於阿米巴痢疾、日本腦炎、類鼻疽及鉤端螺旋體病有 2-8% 發生風險的增加，顯示溫度上升對蟲媒傳染病之衝擊大於其他氣候相關傳染病。研究亦發現雨量對傳染性疾病之影響，則在”日極端降雨”大於 200mm 時較為顯著。當每日累積降雨量達豪大雨(200mm-350mm) 時，氣候相關蟲媒傳染性疾病風險將較一般降雨量時增加 2 倍與 10 倍。但若每日降雨量超過超大豪雨(350mm 以上)，則可能因蟲媒棲息地完全被破壞，使得發生風險反而下降。

另外，研究發現颱風侵台後對於桿菌性痢疾與類鼻疽之發生風險

均有顯著增加。而研究亦利用氣候預測資料推估未來氣候對相關疾病之衝擊，發現在百年後若氣候持續暖化下，恙蟲病的發生數亦將隨之持續上升，而登革熱的高風險地區，將由現狀之 46 個鄉鎮擴散至北部地區，全台約有 102 個鄉鎮可能成為登革熱高風險區。

研究發現對台灣地區而言，不同溫度及雨量條件下皆會影響氣候相關疾病的發生與地理分布之改變，但是各地區在醫療衛生資源等條件上的差異，對疾病在極端降雨事件下之群聚爆發亦有重要影響。故討論氣候對健康之影響時，須將區域特性及社經文化等因子納入考慮，方可有更完善之分析。

而研究回顧並彙整國內外文獻，結合研究發現對未來百年氣候變遷下之台灣傳染性疾病之衝擊做推測(表二十)，並且根據跨政府間氣候變遷小組之推測分級。研究推測未來台灣地區的氣候持續暖化下相關蟲媒傳染性疾病，其發生的時間與空間皆有會增加；且原本於夏季發生之疾病亦可能因暖化而持續至秋冬季；而降雨的部份未來強降雨的強度將增強，因此強降雨下的破壞及水患，皆可能增加相關疫情爆發，這皆是未來防疫上可能出現之問題。

表 二十二 台灣地區未來氣候變遷下之傳染性疾病衝擊推測

| 衝擊類別 | 健康衝擊推測 | 發生可能 |
|------|---|-------|
| 持續暖化 | 氣候相關蟲媒傳染性疾病(登革熱、恙蟲病、日本腦炎等)發生的時間拉長及發生空間擴散 | 一定會發生 |
| | 夏季傳染性疾病發生時間拉長 | 一定會發生 |
| | 東南亞地區氣候相關傳染性疾病或病媒移入導致境外傳染病本土化(如:瘧疾、屈公熱) | 可能的 |
| 極端降雨 | 高溫季節伴隨強降雨後(尤其水患發生)，相關傳染性疾病(鈎端螺旋體、類鼻疽、桿菌性痢疾)爆發 | 非常可能的 |
| | 長期乾旱(50 日以上)使相關傳染性疾病發生機會增加(恙蟲病、桿菌性痢疾、A 型肝炎、登革熱) | 可能的 |

研究建議

氣候變遷下之建議，並非同原有防疫策略之條列，而是必須大規模的改革，跳脫原有公衛制度下的改革，並非僅是雨災後立即啟動防疫或暖季前的病媒控制而已。

在台灣地區的防疫仍是仰賴病媒調查，但調查並非連續且持續的通報，使研究無法使用相關資料。如布氏指數在研究過程中發現疾病數上升時但布氏指數卻成反向，這在分析上將造成干擾，表示台灣地區登革熱蚊媒的調查上需要深入探討並修正。另外，研究對恙蟲病進行分析，但因鼠媒資料屬農委會所有，資料非連續性且調查地區不

一，故亦無法納入分析。許多防疫的指標是研究分析之重點，但是分散的防疫資訊(防疫資料單位不一，如防疫、噴藥、監測、通報、病媒控制資訊不一)，不對等的資訊能力(檢測力或通報率是否均勻)，專業訓練是否充足等等皆會影響資料完整性及正確性。

台灣地區的防疫監測，仍以登革熱較為周全，但是在病媒的監測資料卻無法提供學術使用，這需要疾管單位再深入探討。而在研究中建議登革熱病媒蚊指數包含布氏指數、住宅指數、容器指數及成蟲指數(皆為家戶調查)，未來是否能每一鄉鎮定點並固定週期進行調查，能夠有長期且均一的資料才是研究上及追蹤上有長期意義之資源。且研究建議，相關病媒之監測與調查應該統整由一單位負責，而權責分散，使得資料不對等得情形更加嚴重，皆是未來需要修正之處。

而在針對氣候變遷下尤其首重人民習慣及行為之調適，在環境保護、氣候變遷與氣候災害的因應、氣候事件下的疾病預防、溫室氣體減量、消費習慣的變更、環境永續經營的灌輸，皆應該納入百年大計之教育中，直接納入基本教材。相關健康研究單位如疾病管制局、國民健康局、國家衛生研究院，糧食單位、國土單位、等等，應該會同教育部商討氣候教育之教材，以深植節能減碳、疾病介紹與預防、災害處理等自保觀念。如疾病的防治若能深入國家教育，將降低人民

因無知而有的恐懼，亦可增加人民第一時間患病之危機處理，這種因教育而養成之觀念與習慣，將可使許多疫情的發生因行為改變而改善，且在進行介入時較易達到認同。在氣候變遷下之調適建議，研究可歸納出短程、中程與長程之調適建議如下：

台灣地區氣候變遷下之短程健康調適

1. 國家型氣候變遷整合計畫推動

促進更多相研究的投入，使氣候變遷下的衝擊與調適能夠有更完整的架構與說法。

2. 行為調適

人民衛生教育之加強，包括衛生教育應該持續深入小學教育、社區等基礎，教導氣候災害發生前的預防、發生時的因應及發生後的處理，衛生條件的維持及疾病的預防措施等。且在環境保護、氣候變遷與氣候災害的因應、氣候事件下的疾病預防、溫室氣體減量、消費習慣的變更、環境永續經營的灌輸，皆應該納入百年大計之教育中，且應該從初等教育持續至高等教育之必修，以深植氣候因應與調適。

3. 技術加強

包含氣象配合病媒監視系統的建置、地理資訊系統上的病人及病媒監控、疾病防治與病媒控制技術、緊急醫療技術的建置、氣候預報及災

害預警系統的精確，皆應投入大量資源來提升。

台灣地區氣候變遷下之中程健康調適

1. 氣候變遷調適策略的持續評估

短期策略的執行績效應該要持續監測與評估後續調適之過程，並建立氣候變遷與健康調適之相關執行的考評制度、效益管理，以確保執行之效果，並且隨時修正，甚至是跨國比較等，以維持調適之有效性。

2. 架構的重組及強化

應該在對政府各部門間之合作，工作之分配來重新思考，如何取代各部分立而使公部門效率及效果同步提升，並且達到無縫接軌之效能。

台灣地區氣候變遷下之長程健康調適

1. 系統之整合

氣候變遷衝擊之廣，長期來看應進行政府各部門與組織之間的統整，將資源與行政力整合，或重組系統以因應氣候變遷下的衝擊。

2. 都市計劃與國土規劃

因應氣候變遷之實，除行為之改變外也應從環境著手，包含流動水工程以減少蚊媒之棲息地、自來水全面普及以杜絕受污水之使用、綠色都市以減少空氣污染、通風良好之住宅設計以減少熱危害等，應將整

體國土納入調適範圍。

3. 氣候法令之成立

包含企業、社會及個人，皆應該利用法律規章強制氣候與環境之保護，而非僅軟性之道德勸說

98 年度計畫重要研究成果及具體建議

(本資料須另附乙份於成果報告中)

計畫名稱：氣候暖化對台灣防疫之風險與因應對策相關研究

主持人：蘇慧貞 計畫編號：DOH98-DC-1002

1. 計畫之新發現或新發明

總結研究發現氣候變化對台灣地區傳染性疾病之衝擊，可發現溫度的上升將連帶使多數相關傳染性疾病發生風險提高，而在特定延遲週數之下，當週均溫上升 1°C 可使登革熱發生風險將相對增加 7 倍，對腸病毒重症、桿菌性痢疾及恙蟲病也相對會有 10-32% 發生風險的增加，至於阿米巴痢疾、日本腦炎、類鼻疽及鉤端螺旋體病有 2-8% 發生風險的增加，顯示溫度上升對蟲媒傳染病之衝擊大於其他氣候相關傳染病。研究亦發現雨量對傳染性疾病之影響，則在“日極端降雨”大於 200mm 時較為顯著。當每日累積降雨量達豪大雨(200mm-350mm) 時，登革熱與恙蟲病發生風險將較一般降雨量時增加 2 倍與 5 倍。但若每日降雨量超過超大豪雨(350mm 以上)，則可能因蟲媒棲息地完全被破壞，使得發生風險反而下降。

另外，研究發現颱風侵台後對於鉤端螺旋體、桿菌性痢疾與類鼻疽之發生風險均有顯著增加。而研究亦利用氣候預測資料推估未來氣

候對相關疾病之衝擊，發現在百年後若氣候持續暖化下，恙蟲病的發生數亦將隨之持續上升，而登革熱的高風險地區，將由現狀之 46 個鄉鎮擴散至北部地區，全台約有 102 個鄉鎮可能成為登革熱高風險區。

研究發現對台灣地區而言，不同溫度及雨量條件下皆會影響氣候相關疾病的發生與地理分布之改變，但是各地區在醫療衛生資源等條件上的差異，對疾病在極端降雨事件下之群聚爆發亦有重要影響。故討論氣候對健康之影響時，須將區域特性及社經文化等因子納入考慮，方可有更完善之分析。

2.計畫對民眾具教育宣導之成果

研究計畫之成果在多項國內外活動中進行展出與演說，無論對研究者或媒體大眾皆有宣傳之效果，亦有書面媒體表達希望刊登研究發現，以廣達研究發現之宣傳與教育效應。而研究團隊結合疾管局計畫之研究發現與其他單位之資源舉辦國際氣候變遷教育訓練，可使相關氣候變遷研究及推動可更加普及。

3.計畫對醫藥衛生政策之具體建議

台灣地區疾病監測上之建議

台灣地區的防疫監測，仍以登革熱較為周全，但是在病媒的監測資料卻無法提供學術使用，這需要疾管單位再深入探討。研究建議在登革熱指標中的布氏指數、住宅指數、容器指數及成蟲指數(皆為家戶調查)，未來是否能每一鄉鎮定點定期進行調查，能夠有長期且均一的監測。且研究建議，相關傳媒之監測與調查應該統整由一單位負責，以使資訊來源更加統一簡易。而疾病的通報、檢驗、防疫、控管應該標準且均一的執行，未來是否能有標準快篩，或是技術上的突破也是防疫上能否改良之關鍵。

台灣地區氣候變遷下之短程健康調適

1. 國家型氣候變遷整合計畫推動

促進更多相研究的投入，使氣候變遷下的衝擊與調適能夠有更完整的架構與說法。

2. 行為調適

人民衛生教育之加強，包括衛生教育應該持續深入小學教育、社區等基礎，教導氣候災害發生前的預防、發生時的因應及發生後的處理，衛生條件的維持及疾病的預防措施等。且在環境保護、氣候變遷與氣

候災害的因應、氣候事件下的疾病預防、溫室氣體減量、消費習慣的變更、環境永續經營的灌輸，皆應該納入百年大計之教育中，且應該從初等教育持續至高等教育之必修，以深植氣候因應與調適。

3. 技術加強

包含氣象配合病媒監視系統的建置、地理資訊系統上的病人及病媒監控、疾病防治與病媒控制技術、緊急醫療技術的建置、氣候預報及災害預警系統的精確，皆應投入大量資源來提升。

台灣地區氣候變遷下之中程健康調適

1. 氣候變遷調適策略的持續評估

短期策略的執行績效應該要持續監測與評估後續調適之過程，並建立氣候變遷與健康調適之相關執行的考評制度、效益管理，以確保執行之效果，並且隨時修正，甚至是跨國比較等，以維持調適之有效性。

2. 架構的重組及強化

應該在對政府各部門間之合作，工作之分配來重新思考，如何取代各部分立而使公部門效率及效果同步提升，並且達到無縫接軌之效能。

台灣地區氣候變遷下之長程健康調適

1. 系統之整合

氣候變遷衝擊之廣，長期來看應進行政府各部門與組織之間的統整，將資源與行政力整合，或重組系統以因應氣候變下下的衝擊。

2. 都市計劃與國土規劃

因應氣候變遷之實，除行為之改變外也應從環境著手，包含流動水工程以減少蚊媒之棲息地、自來水全面普及以杜絕受污水之使用、綠色都市以減少空氣污染、通風良好之住宅設計以減少熱危害等，應將整體國土納入調適範圍。

3. 氣候法令之成立

包含企業、社會及個人，皆應該利用法律規章強制氣候與環境之保護，而非僅軟性之道德勸說

參考文獻

- Autoridad Nacional del Ambiente, 2000: Primera comunicacion nacional sobre cambio climatico, Panama 2000 [First National Communication on Climate Change Panama 2000]. ANAM, Panama, 136 pp. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/pannc1/index.html>.
- Bresser, A., 2006: The Effect of Climate Change in the Netherlands. Netherlands EnvironmentalAssessmentAgency,MNP, Bilthoven, 112 pp.
- Calheiros, J. and E. Casimiro, 2006: Saude humana [Human health]. Alteracoes climaticas em Portugal: Cenarios, impactos e medias de adapacao – Projecto SIAM[Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptationmeasures – SIAM Project], F. Santos and P.Miranda, Eds., Gravida, Lisbon, 451-462.
- Casimiro, E. and J. Calheiros, 2002: Human health. Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project, F. Santos, K. Forbes and R.Moita, Eds., Gradiva, Lisbon, 241-300.
- Checkley, W., et al. 2000. Effect of El Nino and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. Lancet. 355:442-50.
- Cohen, M. L. 2000. Changing patterns of infectious disease, Nature, 406: 762-767.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K.L. Ebi, M. Hauengue, R.S. Kovats, B. Revich and A. Woodward (2007): Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 391-431.

- Department of Health and Expert Group on Climate Change and Health in the UK, 2001: Health Effects of Climate Change in the UK. Department of Health, London, 238 pp.
- Hajat, S. and Haines, A., 2004, Associations of cold temperatures with GP consultations for respiratory and cardiovascular disease amongst the elderly in London, *Int. J. Epidemiol.*, 31, 825-830.
- Hassi, J. and M. Rytönen, 2005: Climate warming and health adaptation in Finland. FINADAPT Working Paper 7, Finnish Environment Institute Mimeographs 337, Helsinki, 28 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1996) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, (2001) *Climate change 2001: The science of climate change*. Cambridge University Press.
- IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kaumov, A. and B. Muchmadeliyev, 2002: *Climate Change and its Impacts on Human Health*. Dushanbe, Avesto, 172 pp.
- Koike, I., 2006: State of the art findings of global warming: contributions of the Japanese researchers and perspective in 2006. Second Report of the Global Warming Initiative, Climate Change Study Group, Ministry of Environment, Tokyo, 165-173.

- McMichael, A. J., R. Woodruff, P. Whetton, K. Hennessy, N. Nicholls, S. Hales, A. Woodward and T. Kjellstrom, 2003b: Human Health and Climate Change in Oceania: Risk Assessment 2002. Department of Health and Ageing, Canberra, 128 pp.
- Ministry of Environment and Forest and Government of India, 2004: India's Initial National Communication to the United National Framework Convention on Climate Change. Government of India, New Delhi, 292 pp.
- Moreno, J., 2005: A preliminary assessment of the impacts in Spain due to the effects of climate change. ECCE Project Final Report. Universidad de Castilla-La Mancha, Ministry of the Environment, Madrid, 741 pp.
- Morens D. M., Folkers, G. K., and Fauci A. 2004, The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases, *Nature*, 430: 242-249.
- Pascual, M., et al. 2000. Cholera dynamics and El Niño-Southern Oscillation. *Science*. 289:1766-9.
- Pascual, M., et al. 2002. Cholera and climate: revisiting the quantitative evidence. *Microbes & Infection*. 4:237-45.
- Programa Nacional de Cambios Climáticos Componente Salud, Viceministerio de Medio Ambiente and Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, 2000: Vulnerabilidad y adaptación de la salud humana ante los efectos del cambio climático en Bolivia [Vulnerability and Adaptation to Protect Human Health from Effects of Climate Change in Bolivia]. Programa Nacional de Cambios Climáticos Componente Salud, Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, 111 pp.
- Riedel, D., 2004: Human health and well-being. *Climate Change: Impacts and*

- Adaptation A – Canadian Perspective, D. Lemmen and F. Warren, Eds., Climate Change Impacts and Adaptation Directorate, Natural Resources Canada, Ottawa, 151-171.
- Rodo, X., et al. 2002. ENSO and cholera: a nonstationary link related to climate change? Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 99:12901-6.
- Thommen Dombois, O. and C. Braun-Fahrlaender, 2004: Gesundheitliche Auswirkungen der Klimaänderung mit Relevanz fuer die Schweiz [Health Impacts of Climate Change with Relevance for Switzerland]. Insitut fuer Sozialund Preventivmedizin der Universitaet Basel, Bundesamt fuer Gesundheit, Bundesamt fuer Umwelt, Wald und Landschaft, Basel, 85 pp.
- Wu P.C., Guo H.R., Lay J.G., Lin C.Y., Lung S.C., Su H.J., Weather variability and the size of epidemic and disease cluster of shigellosis in Taiwan, in the proceedings of Nineteenth Conference of the International Society for Environmental Epidemiology, Mexico, 2007b
- Wu P.C., Guo H.R., Lung S.C., Lin C. Y., Su H.J, Weather as an Effective Predictor for Occurrence of Dengue Fever in Taiwan, Acta Tropica 103: 50–57, 2007a
- Wu PC, Su HJ,, Lin CY, Lung SC, Guo HR, Lay JG. The Effects of Temperature and Environmental Factors on the Spatial Distribution of Dengue Fever Occurrences, Proceedings of ISEE/ISEA International Conference 2006, p463.(Paris, France)
- Wu P.C., Lay J.G., Guo H.R., Lin C.Y., Lung S.C., Su H.J. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan.
- Wu P.C., Lay J.G., Lung S.C., Lin C.Y., Guo H.R., Huang Z.L., Su H.J.

- Determinants Characterizing Vulnerability for Island-Wide Cardiovascular and Respiratory Mortality at Extreme Temperatures in Taiwan, ISEE 2008, Pasadina
- Zebisch, M., T. Grothmann, D. Schroeter, C. Hasse, U. Fritsch and W. Cramer, 2005: Climate Change in Germany. Vulnerability and Adaptation of Climate Sensitive Sectors. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Dessau, 205 pp.
- 張春蘭，2006，台灣地理資訊系統於公共衛生之研究與應用，環境與世界，(13)：57-80。
- 郭浩然：環境與職業流行病學。郭育良等：職業病概論（第二版），pp. 47-84。台北：華杏出版社，2002。
- 蘇慧貞：氣候因子變化及異常天候對台灣地區傳染性疾病之衝擊。台北：行政院國科學會，NSC95-EPA-Z-006-001，2006。
- 蘇慧貞：氣候變遷下之異常天氣事件對台灣民眾特定疾病之衝擊與脆弱度評析。台北：行政院國科學會，NSC95-2625-Z-006-018-，2007。
- 蘇慧貞：氣象因子變化及異常天候對我國特定疾病發生之衝擊-總計畫暨子計畫三：氣象因子變化及異常天候對我國相關過敏性疾病及傳染性疾病之影響。台北：行政院國科學會，NSC94-EPA-Z-006-001，2005。
- 蘇慧貞：氣候變遷對台灣生態系之衝擊及脆弱度評估與因應策略整合研究計畫—氣候變遷對台灣特定疾病發生之衝擊評析與因應策略，96-2625-Z-006-016-，2007。

附錄-專家會議紀錄

氣候暖化對台灣防疫之風險與因應對策相關研究-專家會議(I)

開會時間：2009/10/1 (五) 下午 10:00~12:00

開會地點：疾病管制局七樓 協調指揮中心

(台北市中正區林森南路 6 號, 捷運善導寺旁)

出席人員：潘銘正 教授(中臺科技大學生命科學所)、賴美淑 教授(台灣大學衛生政策及管理所)、丁志音 教授(台灣大學衛生政策及管理所)、蔡坤憲 助理教授(台灣大學流行病學研究所)、柳中明 教授(台灣大學大氣科學所)、黃志傑 科長、吳智文 科長、陳振隆 先生(疾病管制局)

列席人員：蘇慧貞 教授、龍世俊 副研究員、陳穆貞 助理、吳宜庭 助理

會議內容：

團隊研究成果介紹(40 分鐘)

議題：資料庫、研究方法建議

賴美淑 教授：請問這次會議目的是，主要是需要我們 contribute 什麼？

我覺得你們的建議又回到傳統的公共衛生上，沒有考量到氣候變遷的議題，應該要提出，例如氣象預報員在什麼時間應該在哪裡做什麼樣的 prevent，連 disease 的 pathogenesis 從頭到尾就只提家庭衛生環境衛生等講起，或許因為是從翻譯國際上的 recommendation 拿出來，所以又回到傳統公共衛生的層面。但如果本來就要做這些非常 comprehensive 的話就是依這樣著手，但如果要依據研究的話，但必須需要依照結果去訂立政策，所提出的政策要由氣候議題著手。而且氣候暖化有不見得只有缺點，看起來也是有優點的，例如 A 型肝炎等，所以在前言介紹的部份可以平衡介紹。另外，把時間抽到整個世界發展的時候，氣候變遷速度有那麼快嘛？或與跟地球 evolution 有關、或許是非常自然的現象、，現在用月資料去做跟做生態學的人作 graph change 用百萬年去做在的，那中間的 correlation 有什麼，在方法的部份要考慮。現在用到 time series analysis 的方法可能要去思考是否適用在 ecology 上在 biology 是否解釋的通，例如下雨之後，登革熱幾天後會爆發 ex: dengue interval 的 outbreak 與 disease nature 做一考量，vector 生態是否有考量到，合不合理，要把所以影響 disease 的因素考量，所以當時間太遠了(指我們疾病的結果) 要校正到中間的過程及其他風險加入，你拿

的疾病都是 short term 的，以醫學觀點來說像是 A 型肝炎，阿米巴等在台灣病例是非常少的、而且很多是國外進來的，所以阿米巴所拿到的 CASE 來源要考慮；還有桿菌性痢疾，大多是水源的暴發及其與糞便治有關，所以在考慮的時候要考量到遠因。或者可能要看 SECOND BREAL(蘇慧貞老師回應：已經有校正掉了) 有考慮到恙蟲病是否發生、實際上與人類活動的關係最大，像是人類到郊外活動若只在室內是部會得到的 因此所以在後面結果可以針對此方面多討論，這部份並非是說此研究做的不好，此研究本來就是我很有興趣但沒有辦法做到的，因此你們能做出來我真的是覺得很好；只是在討論的部份可以將限制列出或更詳細的說明，以釐清研究。正如你們說的鈎端螺旋體、類鼻疽則是年度太少了，前面年度應再放進去

本團隊：

專家會議的功能是，一我們先 present 目前研究的結果，請各位專家就自己角度提出 strategy ；看這些 strategy 合不合理或是夠不夠。但賴教授所說的，我們確實要落實到氣象變遷的部份，但由過去的在寫調適方案的時候為何又落到傳統的公共衛生？這又有一個觀點的可以好好的討論，會不會在講一件事情： relate 環境資料到真正結果之間的關係其實沒有信心？或是卻少其他資料？ 所以當我們在寫結案報告的時候會陷入困境即使不做這些，寫的還是那幾點。我們盡量做嘗試性的發揮。第二個；所有會與空間有關的疾病盡量用 spatial temporal 方式做處理，或許對不同疾病其處理的程度當然不盡相同各種。第三個：所有疾病的 risk factor 都不同，有關 dengue 部分只要是境外移入的部分我們全不納入討論。至於其他疾病比較困難的地方是除非他有 background individual situation，都會盡力處理到目前資料的以提供的部份（像是資料庫等也有申請不到的限制存在）所以在討論的部分我們會在每個疾病限制的狀況提出來。

本團隊：

在此研究上不是不把變遷的部分考量進去，因為在台灣地區資料限制的關係，像是法定因為分析上可用的資料不足，但研究以用最多可行的 data 去呈現，而資料不足的部份會再以疾病的 limitation 做討論。以台灣而言，法定傳染病資料是最充足的；例如我們雖然氣溫資料有百年但疾病資料卻只有十幾年無法得到相同呼應的，不然就是資料中間有中斷，或者是在分析當中當其他的因子放進去時，會有時間或是資料量的限制。所以不是不把變遷的部份放入討論，在嚐試這些分析的情況下，這些都造成分析上的困難。

而所謂經濟指標方面，也有一些 correlation c 或是相關的情況發生，在解釋上也會有困難或者是資料的中斷、所以沒辦法在相鄰的近因上做一個探討，但這也是我們未來可以盡力在討論的部份寫出。

賴美淑 教授：

我並沒有 critical 的意思，氣候方面再麻煩柳教授給予指導。其實在台灣也沒有

那麼長的歷史可以做分析，但是在近因中只看到氣候，但 policy 的 intervention 是可以知道的，你在作 time series 的時候，你有氣候的變遷、有 strategy 像是大掃除、噴灑殺蟲劑等，所以 acute 的 time train 有沒有變化是要考量的，因為你拿 acute 非 chronic，在 time serious 中有 intervention one intervention two 等 ”政策介入”因素可以考慮進分析

但你們的 cell 其實很小而且做到鄉鎮，所以我很佩服資料的

賴美淑老師：CDC 麻煩寫台灣 CDC 不然會混淆？還有你們的死亡檔可以做到 DAILY?

本團隊：

關於賴教授那一點我要補充一下。當初我們在作登革熱的時候 有那時候我們對了很多資料像是布氏指數等，最後發現最明顯的是 INTERVANTION 改變的那些關係，算了半天就是溫度還有 POLICY 的關係最好。

潘銘正 教授：

其實在台灣在日本腦炎在過去實施疫苗注射等政策的介入，所以需要將介入的時間點考慮進去。

本團隊：

這個介入的點未來會在處理，目前是還未考量進去

議題：研究目的

柳中明 教授：先解釋一下氣候變遷本身未來台灣溫度上升、極端溫度提高的情形是確定的和極端低溫出現機率減少是很明確的；至於一般降雨情況無明顯變動，極端降雨有明確變動而且極端降雨量受到影響。因此氣候變遷長期變遷下對疾病的影響是我們很有興趣的，舉例來說 IPCC 提到現在在東歐或美國地區出現的萊姆症，或者是西歐等高緯度地區病例數的提高，播解釋是因為整個溫度上升的關係；因此在氣候變遷下會影響的疾病是大家比較好奇的，在台灣可以看到在長期某氣候下易出現的疾病(像是登革熱)或是第二種類型極端情況下易出現的疾病像是風災或是水災等之後哪先傳染病會增加(鉤端螺旋體)等，這些疾病是否過去重未發生或是在未來哪些疾病會因此又重新出現，實際上我們都是依照過去經驗來處理未來的問題，但氣候變遷所談的問題是未來可能發生的問題，因為我們可能是需要進一步去推測在未來氣候的情況下引起現在沒發生的疾病或是加遽目前疾病的狀況，以及台灣可不可能會有新的疾病發生。賴老師很關心說在案例很少的疾病上要怎麼做出判別，在氣候變遷上有一個很大的重點是如何做 projection，即使目前案例數很少但還是要去推測未來的情況，當然這也涉及分析上的困難，在 IPCC 上提到的可能影響之疾病就是 WATERBONE 和 VECTORBONE；當然也有食物等感染，那在台灣有沒有可能例如忽然水溫上升影響到病菌生長造成養殖業的食物污染之類？當然這些都是猜測上的在氣候變

遷下是需要做一些猜測的；例外像是 airborne ，如過去幾年寒流來氣溫變化很快，是否會增加口沫傳染的疾病增加？因此建議說是否可以考量分四類疾病探討當然因為資料的限制，但這也沒關係，其實可以做一些大量的猜測。當然在學術性上或許會缺乏證據，但是在國際間的報告目前都是在作預測等。第三個：最後 adaptation 到底和傳統有什麼不同？當然要做這樣的工作。回過來看一個重點，本研究提到一個重點：就是疾病主要發生在弱勢族群是個易脆弱的族群。以台灣來說，未來邁入老年化的階段，因此老人應納入在弱勢族群來想。另外原住民或是居住在東部地區居民、或是比較容易發生災害影響的地方等，我們能看到這些危險發生之地區等特徵，就可知道中央政府將來應把資金投入在這些地區。所以後面的這些建議應該要非常明確，如何公共衛生的加強及脆弱族群的 adaptation ；另一方面可以做的是預警系統，例如登革熱：現在作出高峰期在十月，是否可以在九月份的時候提出預警的系統等、當然這些也是需要各部門互相合作的，所以我覺得最後的建議像是氣候的概念、教育的概念、應變的概念等是需要各機構的加強還有研究的增進等。

本團隊：

剛剛說怎樣呈現我們的觀察在 p13、65 可以回應柳教授剛剛說的脆弱族群部分。我們的分析裡面不管是慢性疾病或傳染並可以看到老年人(獨居老人)及 disability 等在量化上很有有意義的呈現是弱勢族群，而在國外的文獻比較清楚看到的是看到老年人，但國外的報告很難看到是指獨居的老人。至於區域性問題，可以看到在經過人口校正後，可以看到更 loading 在東部地區。這些是量化資料上我們非常有信心的，而怎樣來努力寫醫療資源 緊急救助等制度等建議後續會再努力。至於 early warning，登革熱發表的 model 在後來的資料中是有很好的 fit 。

本團隊：

氣候變遷是從過去至今都沒經歷過的，未來降小雨的機率會減少但大雨卻會增加。在政策方面最重要的是需各部門的結合，例如鉤端螺旋病易發生在淹水地區、因此各部會應互相結合；教育部應該從校園教育做起，教育當大雨過後淹水地區居民應要做好防護；衛生局或疾病管制局要配合協助實施衛生方面的措施，氣象局則應前亦發生淹水地區在大雨可能發生前發布警戒。另外可從觀察東南亞地區的流行之疾病，提出未來台灣可能面臨之疾病。

潘銘政 教授：

補充一下剛剛柳教授說明的鉤端螺旋體病，鉤端螺旋體非新的疾病在台灣 1970 年有爆發，但在 20 年都乎略然後 96 年後才有報告病例，那時候沒有急管局而且沒有診斷標準，我們一直懷疑長期以來台灣其實一直有病例，國外是淹水過後有病例出現，而台灣則是納莉風災後有爆發林口長庚，然後一直到今天才有病例出現，但這也是可能因為以前無診斷的設備和通報。此外由於後來鉤端螺旋體列入

法定傳染病，所以診斷之人數可能會有提高的現象。

議題：建議政策之方向

賴美淑教授

建議的政策與傳統的防治上主要有如何區隔？例如可以針對弱勢族群或是老年人做建議，因為未來台灣人口老化，老年族群在未來佔的比例很大；或者針地區性做政策上之建議，建議政府投注在特定脆弱地區

丁志音 教授：

我們在考量氣候變遷的議題時在作 strategy 的時候必須將變遷納入考慮；另外調適跟減緩其實是可以同時進行的或者說是同一件事情，因是自己照成的所以要針對這個果去解決；另外在這報告中，我同時有很多感想是，很多 case 是境外移入的 case，我們在講氣候變遷外，同時要加上一個是移民，這個是會造成整個流行病的一個缺口；依台灣那麼小的島嶼來說，交通等的移動都會加速的遷移，所以全島化是發生是會發生的，理論上來說政策應該要朝全島化建議；但依我個人的觀點而言，政策更重要的是分區域性；很多災害在各地發生的是不同。在這個研究當中，要考量其他指標，像是人的生活型態及消費行為，但你們所用的是內政部資料因此缺乏這部份的資訊，這部份其實很重要，所以在政策上要看其趨勢，及在做對策時，人類行為等情境要考量的；例如美國的萊姆病就是活動行為造成的，其實是富有人家喜歡野外活動而得到的，所以或許不是你們分析中的弱勢族群，這些弱勢族群反而在某些疾病是強勢的，而非所謂的絕對弱勢。

建議之政策應該氣候因子放入、減緩跟調適其實是可以同步進行的，而在政策方面要注意到區域化的部份，北中南東各要因地區而不同。至於登革熱政策部份應不要建議噴藥。此外，所有的傳染性疾病要考量到人的生活型態。然而在訂立策略可以分為三個層面：行為、技術、資訊；並明確建議如何在公共衛生的部份建立氣候預警系統，將疾病概念跟氣候概念併入政策中，且讓政府加強宣導。

本團隊：

目前我們能得到的社會是內政部的變相，請問是否可以給我們指教還有哪些資料是可以用的；另外關於因子的部份，是我們 run 完後 group 成的結果，所以誠如您說的，對於不同的疾病，其每個 factor 強度可解釋的解釋力其實會不同，這方面我們會再進一步努力

丁志音教授：

可以在不同地方去搜集，可能不會在單一資料庫；另外，補充一點，在社會科學上或人類學上，所謂氣候變遷上的弱勢族群是都市裡面的貧民；另外，在你們研究中的獨居老人是弱勢族群，但在過去高雄時候的登革熱爆發其實是在老人院，所以獨居老人不見的是弱勢的(看疾病)。

蔡坤憲 助理教授：

主要是從蟲媒傳染病去 comment，很多文章是寫氣候跟蚊蟲傳播的關係但缺乏了 biological 的 meaning，到底得到的 data 跟人的疾病還有蟲之間的關係要如何解釋，以台灣而言，主要是埃及斑蚊，但如果沒有境外移入的 case 其實不會有登革熱的爆發，所以點火的那個非常重要，如果我們能夠控制好境外移入這個部份，即使台灣溫度再高蚊子再多其實不會有登革熱的暴發，所以整個 model 來說沒有考慮到境外移入的話，其實整個 model 是不會準確的，那 dengue 的控制的話，在政策上面不應該是建議噴藥（因為會造成抗藥性），那在恙蟲病的部份，要回到措施上面就是非治標而是要治本，主要是老鼠為媒介而造成擴散，所以在這部份作好老鼠的控制就能有效解決恙蟲病的發生老鼠在哪裡活動其實跟林地有關，可以利用 GIS 去看林地農地跟疾病的關係；另外人類活動也要列入考慮，宣導的部份要加強（台灣是花東地區恙蟲病最多的地方但因為當地政府為了觀光產業的問題而沒宣導國人注意此地區恙蟲病盛行）。另外就是氣候變遷的部分，未來氣候變遷造成的災害是複合性的災害除了颱風淹水土石流等，還有一個很重要的是生態系的變化，因此應該增加生態物種指標的監測，因為這些物種的變化會引發下游蟲媒或水媒疾病的發生，另外，台灣未來的氣候是否會走向南洋化？假如台灣未來在氣候變遷的影響之下未來可能會南亞化，或許需要參考東南亞國家的政策評估當作未來防治的趨勢。

本團隊：

有關 BIOLOGICAL MEANING 的部份，有關研究發現的 LAG DAY 或 LAG WEEK 其實有對照這個 vector 應該有的合理部分，但怎麼樣處理有關境外的 case，目前還要想辦法處理；另外關於森林的部份，我們有嘗試請教森林或昆蟲的專家，目前所知道的是需要灌木叢的資料取的與恙蟲及老鼠有關的分布，若您知道有關如何取的相關的資料再麻煩您給予指教

氣候暖化對台灣防疫之風險與因應對策相關研究-專家會議(II)

開會時間：2009/10/27 (二) 下午 13:00~15:00

開會地點：成功大學醫學院 4 樓小會議室

(台南市勝利路 138 號 醫學院 4 樓)

出席人員：陳美霞 教授、陳國東 教授、許甘霖 助理教授、王亮懿 助理教授(成功大學公共衛生所)、黃鴻堅 教授(中興大學獸醫系)、杜武俊 副教授(中興大學昆蟲學系)、莊秉潔 組長(中興大學環境保育防災科技研究中心)、陳怡君 副教授(義守大學健康管理學系)

列席人員：蘇慧貞 教授、陳國東 教授、陳穆貞 助理、吳宜庭 助理

會議內容：

團隊研究成果介紹(40 分鐘)

議題：資料庫使用，資料型態及統計方法

陳美霞教授：

雨量沒辦法預估，但可以依前面的資料來推算嗎？

本團隊：

台灣溫度分布的情況是冬天低夏天高，資料的分佈情況部份是沒問題的；但雨量資料的部份，極端事件的資料非常極端，因此在統計上是難以用的

本團隊：

颱風事件下的雨，其降雨的區位不一，且同時受氣流的影響；例如納莉颱風就是受到後來的東北季風影響造成東半部豪雨，所以很多的 factor 皆會對颱風事造成影響；因此雨量不僅無法預估，區位或 pattern 也不能預測

本團隊：

目前研究的成果，對公共衛生管理、資源分布、緊急醫療資源的建構等，及如何搭配整個社會醫療資源是不夠的；但可以呈現一個 overall 的情況，但對於整個台灣內部政策的來說，區域的差異是很重要的，如果可以很有信心的提出區域的差異、對政策的提出等才很有貢獻，而目前對於區域上應有的 adaptation 或 respond 是很難的

陳美霞教授：

有控制了氣候因子？

本團隊：

對於傳染性疾病而言，空間因子很重要。跟時空有關係的環境因子是雨量跟溫度，尤其在慢性疾病方面，慢性疾病的死亡率，尤其在心血管疾病的部份，到

最後會不會造成疾病的死亡率的結果，有很大的部份是跟這個事件的環境相關，也與個體的社會經濟因素有關。尤其社會經濟因子對慢性疾病來說是很重要的，所以在討論某種疾病時，我們必需要呈現出個人本身的條件；而利用目前台灣有的社會經濟指標，盡量的呈現出來，然後才可以架構在我們照護醫療界一種考量

陳美霞教授：

是否一定要用人口普查資料？例如各鄉鎮的普查資料或許也可以利用

本團隊：

過去有試著用鄉鎮地區調查的資料，但欄位不全，且每個鄉鎮調查的項目不同所以無法用

蘇慧貞老師：希望所有資料庫是整齊且每個鄉鎮的資料都具一致性，而其他調查資料，例如中研院社會人口資料庫等，也是以抽樣做調查；因此，資料庫之不全是在現今遇到之最大困難

本團隊：

因此，本研究之主旨在氣候變遷看似對每人都是相同的影響，但實際上，對於某些族群之衝擊是更大的；因此資源之分布等的考量需做到公平

陳怡君副教授：

雨量的部份沒辦法做模式上建議，那雨量的部份不能用乾溼數據來替代嗎？

本團隊：

我們可以知道哪些點的雨量資料是比較好的，而目前看到的雨量資料都是真實的資料；雖然未來雨量資料預估之資料不準確，但溫度的預估是準確的。以全世界來說這也是同樣的趨勢。而國科會決定台灣未來會用日本模式去推估；有了模式後，後來要設立情境，在情境之下再來預估，基於目前疾病的發現。去看若未來 10 年 20 年等的溫度變化後，這樣的疾病 RISK AREA/ RISK POPULATION 會如何變化

陳怡君副教授：

這我可以理解，但是台灣目前影響最大的是雨量？

本團隊：

看疾病，有些疾病是雨量很重要，但有些疾病是溫度是夠 significant，例如早期我們沒有雨量的資料，我們只用了 199~2002 年的月平均溫度資料 build model 去預估登革熱，即使沒用到布式指數其 fit 的程度仍很好，雨量很重要 幸好目前看到的疾病所看到的情況 most 出現在超大豪雨發生的時候，因此會比較簡單 一是拿到預估之颱風數 因為台灣超大豪雨的降雨情況發生在 或者是減少的降雨數(但其實台灣極端乾旱的日子很不明顯) 因此主要是知道未來的極端降雨會依這兩部份去研究

本團隊：

IPCC 對下個世紀的雨量 and 溫度會做一個預測；在溫度的部份可以很明確指出在
哪個地區會提高 or 降低多少，但在雨量的部份無法告訴我們在哪個地區會多或少
幾毫米，只能用尺度區分而已

陳怡君副教授：

原先想說可以用濕度的差別去看

本團隊：

但由水引起的疾病比較複雜，除了溼度以外，還有是水污染到飲水；雨下的少
的話不一定影響到疾病，還有雨若是下一般的量，真正大的累積的細菌量是在海
口；而預測乾旱的部分主要是應用在糧食不足等的部份

陳美霞教授：

有沒有可以看出雨下到什麼程度是好 什麼程度是不好的

本團隊：

目前來說，雨量下到成為水災的話疾病會增加

王亮懿助理教授：

時間點是怎麼切的?前一周地區之疫情應納入考慮，如果說本地無 index patient
發生

本團隊：

在 temporal spatial pattern 上的操作已經將 case 有做控制了，是從 ARIMA 做
得。若無 index patient 則是無意義的，所以再每一個 case 的 temporal pattern 已
經校正掉了

王亮懿助理教授：

社經指標十年一次普查，且都市化程度加劇若跟氣候連在一起則會更嚴重，因此
是否可用 10 年 10 年之間差距，由每個指標的變化量去算(以等差或等距來作每
一年每一年的量)這樣或許可以看到更顯著的結果

本團隊：

普查資料是 1980 1990 2000 十年各一次，目前要等 2010 年才有最新，利用差距
來做會有風險 因為氣候資料是連續的，當初有考量以等差或等比方式看指標之
變化量，然而考量到都市化程度並非是等差或等比的量去改變，因此可能會變成
自己給的一個誤差所以不考量以此方式做

本團隊：

至 2010 年會有新的普查資料或許會有新的結果，所以目前我們先接受這個限
制，知道資料會有偏差但仍使用此資料來做；另一則是傳染性疾病大量受到政策
介入的影響，此也可以證明之前提到布式指數其時與真正的 RISK AREA 是兜不
起來的，上次也有老師建議政策的介入造成之干擾，暫時可以用 CASE 來考慮，
幾次政策上較大的介入可以從公部門的資料去抓然後討論 這是目前暫時可以處
理的方式

議題：研究目的

陳美霞教授：

要呈現氣候變遷下的影響，所以會讓人以為本研究會呈現控制了社會經濟因子後氣候因子仍會影響結果，因為一般而言我們都已知社會經濟因子是會影響的了

本團隊：

就目前的相關研究的資料來看，現今存在的氣候資料在分析上會變成比較弱的影響因子；所以討論是反過來的，在氣候持續變遷之下，具有這些危險因子的人會更易受到衝擊

陳美霞教授：

氣候變遷下這些社經指標會影響的更嚴重？

本團隊：

不，即使將氣候的因素帶進來，這些社會經濟因子仍然是顯著的

陳美霞教授：

因為要顯現氣候變遷的嚴重性，應該是說控制了這些社經因子，然而還是發現到這些氣候因子仍然有影響

本團隊：

我們目前研究還無法這樣做，因為依目前全國社會經濟指標只有三次的全面普查資料，所以還無法 offer

許甘霖助理教授：

研究是根據問的問題而不一樣，氣候變遷是越來越劇烈的，對人類的影響其實一樣，但能辨識的是哪些因子或者說中介變相，其能夠造成更大的壓力。而此研究就是把此因子辨識出來

本團隊：

我們已經證實對於氣候變遷的影響對於疾病是有風險存在。根據可用的社會經濟因子的資料庫，目前可以肯定的說，即使在氣候變遷之下，這些因子仍很重要。我們當然希望將社經因子控制掉後，氣候變相仍很重要；但由於資料庫的規模、變異、豐富度等差異很多緣故，所以無法做到考量每個因子後，突出氣候因子對疾病之影響；但目前可以說出的是，氣候變遷造成之影響已經存在的、且是大家都接受的，還有對疾病來說這些因子即使是氣候變遷情況下仍能很重要

議題：研究成果

陳美霞教授：

只能證實有無影響，但不能知道影響大小？

本團隊：

以目前的資料庫來說，無法做到如此的解釋。只能說明，氣候變遷影響之下，對有這些危險因子的人士很重要的陳美霞老師：目前本研究能跟政府說明氣候影響很大，但更進一步的說明在氣候影響都一樣的情況下，這些人受到的影響更大。但其實我們知道社經因子一定會影響健康，以政府官員角度來說，若能確定在控制社經因子後，氣候變遷會有明確的衝擊或許其貢獻更大

本團隊：

現在人口普查資料只有 1980、1990、2000。疾病資料 1980 年還未有，且到 1994 年後其完整度也比較好。所以只可用剩下之 1990 2000 年的資料，但以這兩次來說其變動性很小

陳美霞教授：陳美霞老師：豪雨跟疾病的 CORRELATION 比較清楚?國東老師說的是下雨引起水災造成的疾病

本團隊：

就如蘇老師說的豪雨其實已經可以引起水災了 雨量大於 350mm
還有一個問題是目前水媒疾病的案例數太少，比桿菌性痢疾疾病案例數還少的疾病已經很難再繼續分析

議題：未來展望

本團隊：

下一步就是要去量化衝擊之大小
因子的控制是困難的。氣候變異外，微生物或人類的行為改變適應等因素都很難控制；而這研究假設前提是所有其他因素都不變外，氣候變遷下對不同族群之變化

將整理出研究架構上缺乏之資料庫還有哪些讓大家了解，且下一個階段是建議不同的領域的人一同參與資料庫之建置，這樣研究才能繼續進行

陳美霞教授：

相同的 weather 對不同的社經地位的族群影響是不一樣，以我目前所讀過之文獻，目前這一部分是很缺乏的

本團隊：

即使是 IPCC 所含的報告中，多數是非常之直接衝擊，例如重大災害如水災、旱災等造成大規模的傷亡及破壞，但這些災害不是每日發生的。每日氣候之變化所造成之衝擊才是真正的需要，因為國家社會資源等中，很難是為了單一事件去建置；如果需要建置一個長期的規劃，是需要提供一個長期的資訊、趨勢、分布等讓政府部門瞭解

陳美霞教授：

此研究的結果只能說有 CORRELATION 但不能證實因果的關係，因為 POLICY 是很明顯的影響的；但是如果進一步加入 POLICY 或其他因子，才能證明其更有證據性的結果

本團隊：

將來應該有難以講出因果關係。目前是先建立溫度與雨量的變化與疾病之間有一個關係，再來看在不同情境下、溫度變的更快這些疾病分佈有什麼改變，在一個條件之下來看未來的 ADAPTATION 該如何做。因為這根本上缺乏了生物學的一些探討之類，由於涉及的學門太多，例如齧齒動物傳播之疾病會與森林、昆蟲等資料有關，但不同學門資料庫平台差異很大，所以要如何由不同型態的資料庫平台來應用能是挑戰

綜合討論

黃鴻堅教授：

本次聚會之目的？

本團隊：

主要是需要專家對設計之問卷評量的填寫，但報告之前的成果，是希望跟各領域之學者報告我們對台灣之疾病目前可提供的資料有哪些，

黃鴻堅老師：建議在報告的順序上可先將本研究的 hypothesis assumption list 出來(例如政府的 intervention 有無考量)，將以什麼立場上來做的研究要指出說明，再將氣候變化呈現出來

黃鴻堅教授：

疾管局的法令中，寄生蟲有關之疾病只有瘧疾與阿米巴，因此資料獲得可能不夠完整，可至農委會農檢局、家畜防檢局的資料庫作收集，可得更多人畜共通傳染病的資料

黃鴻堅教授：

雨量、疾病發生數、氣溫可用 3D 呈現更可看出氣候因子和疾病之間的關連。預測之 model 很多，因為歐美國家位置等與台灣很不同，應一開始就用日本模式預測會比較適合

本團隊：

日本模式是現在才能拿得到的，因此一開始只用能得到的五個模式去坐預測

黃鴻堅教授：

可以使用 GIS 等軟體，套疊疾病分佈、檳榔樹分布(台灣豪雨土石災害與檳榔樹種植有關)、養豬戶分佈；此外，台灣溪流與昆蟲分布很有關，或與可以看到些獨特關係

藍詠耀博士：

PSI 可以結合在呼吸道疾病的應用

本團隊：

(目前是氣候變遷與熱浪或氣候變遷與空氣污染，未來希望若資料庫更齊全，能結合氣候變遷、熱浪及空氣污染連結做討論)

藍詠耀博士：環保署目前測站數是 73 個，應該非 69 個

陳怡君老師：73 個應該是包含了超級測站及移動測站

本團隊：

考量資料的連續性及完整性，我們使用的是中央研究院全球變遷中心林傳堯老師的資料

藍詠耀博士：

p38. 關於雨量的資料，防災中心對外有提供 ECHAM model 之資料

本團隊：

我們有從全變中心存取未來的雨量資料，但未來雨量資料其實是不可信的(中心本身有對資料作一個可信度之比對，溫度部份預測值的 r 為 0.8，但雨量的預測值為 0.4，其實是 fit 不足)

藍詠耀博士：

1. PSI、PM10、CO₂(東華 夏禹九老師作二氧化碳通量監測研究)資料或許可以用到，或者是否可以依照溫度、太陽輻射、日照時數、土壤含水率、比濕等歸類成不同氣候類型，再去看和疾病之間的相關性

氣象資料來源除了中央氣象局外，還可以由衛星、NCEP 模式觀測得到

陳怡君副教授：

能否自行發展國內的模式，且普查資料方面，國內國建局本身有健康普查資料(每三年一次)，但實際上問卷的內容變易大，不易使用

王亮懿助理教授：

在投影片 P48 解釋可改成為，因投注的資源在西部地區，所以看到之各種傳染疾病發生率低

陳美霞教授：

此研究的貢獻很大，學習到的很多，但 POLICY 須由更根本的角度來看，為何會有氣候變遷的發生？我們該由更根本面的角度去思考，全社會去反省，解決社會資源浪費的趨勢，從文化、社會等角度去思考

許甘霖助理教授：

社會經濟因素有兩部分

1. 社會結構與社經地位意義不同 社會經濟地位像是教育程度收入職業 社會結構像是貧富不均現象等 這是種社會規系的模式 在社會學當中有明確的界定 因此海拔在社會學認為是 ECOLOGY 的指標非社經指標 或者是研究中的變相是分類的範疇不是分析的範疇 例如海拔

2. 概念的問題 會有一些誤會 例如有人並不認為原住民弱勢 而是會覺得標籤化 (原住民不能用弱勢來稱呼 會引起誤解)

3. 若要環境醫學跟社會結合，必須找到同時是屬於社會經濟也是暴露的指標
例如氣喘跟社會經濟有關 補習可以當成社經地位也同時是暴露的指標；(目前可能可以分成三個 1.居住因子 housing pattern 例如都市地區原住民居住在同一地區 屬於工作型態也同時屬於居住型態 2.工作型態因子 employing pattern 3.職業類別 (例如將職業收入加權) 或者是職業聲望 另外或是用勞動型態等來分
PS翁玉峰老師做職業衛生也是社會體系(可以知道哪種職業分類的方式同時也是有暴露的涵義) 可以將原住民此變成有實質性的範疇
有些資料是比較不可信的
譬如普查會有很多人為影響因素
建議：工商普查資料(五年普查一次) 勞動力與薪資統計(每個月統計一次)使用這些指標之領域的學者) 可以知道如何解釋
政策意涵-> 都市規劃 or 公眾事業

附錄-氣候暖化對台灣防疫之風險與因應對策相關研究專家問卷

各位專家、學者及政府單位之先進：您好！

感謝您參與「氣候暖化對台灣防疫之風險與因應對策相關研究」之專家座談會，本團隊承接疾病管制局計畫，研究結合疾病分佈資料與氣候資料進行研究，以地理資訊系統之空間統計與時序性之統計分析評估氣候暖化對於台灣地區建康風險(腸道傳染性疾病、呼吸道傳染性疾病、水患相關傳染性疾病)之影響。計畫為求透過氣象學、生態學、環境醫學與公共衛生學及相關政府單位的合作，以具體明瞭氣候暖化對台灣公共衛生與健康之衝擊下之因應，須經由各參與之先進，協助填寫本團隊規劃之相關調適策略，請各方先進不吝賜教，以協助台灣氣候衝擊健康調適之規劃，使其可更加完善，您的意見將本研究更具專業價值。

本團隊誠心邀請也感謝您利用幾分鐘的時間，完成此份問卷，您寶貴的指教，將是我們研究的最大助益！

敬祝

研安 順心

國立成功大學環境醫研究所

蘇慧貞教授全體研究團隊 敬啟

| 部門 (Sector) | 編號 | 氣候變遷的衝擊 (Impact of Climate Change) | 調適方案 (被動調適與主動調適) (Adaptation Options) | 重要性 | 急迫性 | 無悔性 | 關聯效應 | 技術複雜度 | 制度複雜度 | 社會複雜度 | 其他意見 |
|----------------|----|---------------------------------------|---|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|------|
| | | | | 40% | 30% | 15% | 15% | 20% | 40% | 40% | |
| 公共衛生與健康 | 1 | 與氣候相關疾病擴散及發生機會增加 | 建立國家型氣候變遷與健康調適之因應計畫 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 2 | 環境維護、監測與疾病預防 | 結合長期氣象與疾病監測資料，並且建立系統性資料庫以供相關單位之使用 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 3 | 環境維護、監測與疾病預防 | 建立公共衛生與健康之氣候變遷衝擊預警系統，如寒潮前應先通知相關照護機構嚴防相關疾病之死亡 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 4 | 環境維護、監測與疾病預防 | 加強氣候變遷下易脆弱族群、氣候風險區的健康照護系統與因應氣候變化之配套措施 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 5 | 環境維護、監測與疾病預防 | 增強社區、水源地與污染源間的管線安全性管理 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 6 | 環境維護、監測與疾病預防 | 結合地理資訊系統(GIS)與氣象分布資料，建立氣候脆弱地區病媒、病患監視系統，進一步繪製其風險密度地圖，以供防疫及病媒防治參考，並定期公佈 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 7 | 緊急應變相關 | 成立專門氣候災害緊急應變中心，並且須成立相關疫情調查與防疫部門 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 8 | 緊急應變相關 | 推動北中南東及山區等五緊急應變中心，讓應變單位深入當地地形、氣候，在緊急處理上更了解當地需求 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 9 | 緊急應變相關 | 建立氣候暖化下的相關疾病爆發之應變機制(固定部門)，取代臨時指定等短期應變單位 | | | | | | | | |

| 部門 (Sector) | 編號 | 氣候變遷的衝擊 (Impact of Climate Change) | 調適方案 (被動調適與主動調適) (Adaptation Options) | 重要性 | 急迫性 | 無悔性 | 關聯效應 | 技術複雜度 | 制度複雜度 | 社會複雜度 | 其他意見 |
|----------------|----|---------------------------------------|---|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|------|
| | | | | 40% | 30% | 15% | 15% | 20% | 40% | 40% | |
| 公共衛生與健康 | 10 | 緊急應變相關 | 緊急應變中心應定期舉行演練，並且與國外相關單位接，保持緊急應變能力與知識，以處理緊急氣候災害後之行動 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 11 | 相關法令或其他 | 對氣候相關疾病之防治進行成本效益分析，以取決防治之優先順序 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 12 | 相關法令或其他 | 增加緊急應變之特別命令(強化現有之緊急命令)，以利氣候災害下防疫資源調動之便利性 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 13 | 相關法令或其他 | 持續監測與評估後續調適之過程，並建立氣候變遷與健康調適之因應計畫之相關執行的考評制度、效益管理，以確保執行之效果 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 14 | 相關法令或其他 | 推動氣候防疫相關 則或，如豪大雨後居家之積水 7 日未清除者可對地方機關進行 處(地方 導不周)，或以 金 民眾清除 生源、 民眾改善居家環境與通風系統，舉行村里環境 等 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 15 | 相關法令或其他 | 重組及強化政府各部門間之合作，使公部門效率及效果同步提升，並且達到無縫接軌之效能 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 16 | 衛生教育 | 深入小學、社區等基礎教育，教導氣候災害發生時的因應與相關疾病之預防方法 | | | | | | | | |
| 公共衛生與健康 | 17 | 衛生教育 | 將氣候相關議題編入國家教育課本，且應該深入且持續的進行氣候相關與健康教育 | | | | | | | | |

準則說明

重要性 (Importance)：反應一個為了 免氣候衝擊負面影響而需實行某個方案的需要程度，這些方案可以減少極大的氣候災害，原則上它們產生極大的總效益，雖然也需 出極大成本。

急迫性(Urgency)：這反應了一個調適方案是必須及時去做 ？還是可以在 後的時間點上再去做。必須注意：此部分得高分並不意味著最後會得到高排名，它表示如果延後進行此調適選項將造成較高的成本以及不可逆的損害。

無悔性(No-regret)：表示與氣候變化無關聯性的效益，例如空氣品質改善，試想無論未來氣候情境為何，實現此方案都可以被認可

關聯效益(Co-benefit)：此方案在降低氣候脆弱度的同時，也必然產生與氣候變遷無關的其他效益。

對減量影響(effect on mitigation)：因為某些調適將會增加溫室效應氣體排放，若進行調適方案的同時也能降低溫室效應氣體的排放，在此項目可以獲得較高分。

多重準則評估排序 配分表

| | 得 分 | | | | |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | (5) | (4) | (3) | () | (1) |
| 重要性 | 選項有非常高的 重要性 | 選項有高 重要性 | 選項有中等 重要性 | 選項有低 重要性 | 選項有非常低 重要性 |
| 急迫性 | 選項有非常高的 急迫性 | 選項有高 急迫性 | 選項有中等 急迫性 | 選項有低 急迫性 | 選項有非常低 急迫性 |
| 無悔性 | 不考慮氣候變遷具極高淨 效益 | 不考慮氣候變遷具高淨 效益 | 不考慮氣候變遷具中等淨 效益 | 不考慮氣候變遷具低淨 效益 | 不考慮氣候變遷具極低淨 效益 |
| 對其他領域的關聯效應 | 選項產生了極高的關聯 效應 | 選項產生了高的關聯 效應 | 選項產生了中等的關聯 效應 | 選項產生了低的關聯 效應 | 選項產生了極低的關聯 效應 |
| 對溫室氣體減量的影響 | 選項對減量有極強正 作用 | 選項對減量有正 作用 | 選項對減量作用為中 性 | 選項對減量有負 作用 | 選項對減量有極強負 作用 |

可行性分析說明

1.技術複雜度(Technical complexity)：

欲實行此方案所需之技術上的困難及挑戰

- 必須使用與動員的技術設備
- 施行此方案過程中伴隨的技術不確定性
- 操作上的獨特性與它的風險

2.社會複雜度(Societal complexity)：

包含當施行某方案時不同的價值觀、利害相關人在認知上所需做的改變以及他們 此之間的合作等。

- 所 涉的不同團體數量多
- 相關團體不同的基本觀點差異性
- 某方案的 議性及其所產生的抵制程度
- 產生共識的必要性

3.制度複雜度(Institutional complexity)：

由於實行調適方案的制度複雜度漸增，在官方、官組織、現有程序上有較多的調整，在不同的制度領域有較多的合作，因此與現有的慣例及架構呈現較大的緊張狀況：

- 不同制度規則間的衝突與不協調
- 實行某調適方案所需的組織重組
- 實行某方案需要的合作關係或聯盟
- 實行某方案對於現有組織需更新、補強的程度

| 可行性分析-配分表 | | | | | |
|-----------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 得 分 | | | | |
| | (5) | (4) | (3) | (2) | (1) |
| 技術複雜度 | 實行此策略具有非常高的技術複雜度 | 實行此策略具有高的技術複雜度 | 實行此策略具中度的技術複雜度 | 實行此策略具一般的技術複雜度 | 實行此策略具低度的技術複雜度 |
| 社會複雜度 | 針對此方案有基本上不同的意見與認知，共識非常困難達成。 | 針對此方案有許多不同的意見與認知，共識很困難達成。 | 針對此方案有不同意見與認知，要實行需要一些努力。 | 針對此方案有不同意見與認知，共識相對上容易達成。 | 針對此方案幾乎無不同意見與認知，共識容易達成。 |
| 制度複雜度 | 實行此方案需要根本上的制度改變與調整 | 實行此方案需要許多的制度改變與調整 | 實行此方案需要一些制度的改變與調整 | 實行此方案需要些許制度的改變與調整 | 實行此方案幾乎不需任何制度的改變與調整 |