

計畫編號：DOH96-DC-2019

行政院衛生署疾病管制局 96-97 年度科技研究發展計畫

恙蟲幼蟎之生態研究與利用數學模式瞭解並預測氣候對於恙
蟲病病例之影響

研究報告

執行機構：疾病管制局研究檢驗中心

計畫主持人：王錫杰

研究人員：郭奇芊

執行期間：96 年 1 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

本研究報告僅供參考，不代表衛生署疾病管制局意見

中文摘要

近年來世界各國已經逐漸體認到環境變遷對於傳染病的影響，還有明瞭環境因子和疾病之間關係，對於預測傳染病爆發和防治傳染病的重要性。恙蟲病主要流行於西太平洋地區、南亞及澳洲東北和西南地區，是經由帶有恙蟲病立克次體的未食恙蟎叮咬所引起，瞭解恙蟲的生態需求因此將有助於得知哪些環境較易感染恙蟲病。

分析民國 87 至 95 年台灣本島各鄉鎮恙蟲病感染率和各項因子的關係，顯示感染率會隨各鄉鎮年平均溫度和人口密度增加而減少(分別為 $P < 0.0001$, $P = 0.01$)，但會隨著年總雨量、農民人口比例和旱田佔所有耕地比例之增加而增加(均為 $P < 0.001$)。於花蓮吉安鄉、壽豐鄉和鳳林鎮不同棲地環境捕捉老鼠採集恙蟎，並配合環境調查，發現恙蟎在人為干擾頻繁地區會顯著減少，因此恙蟲病病例多分佈於東部地區和山地鄉鎮應是人為干擾較少所導致，而年平均溫降低會增加恙蟲病例可能亦與較少干擾的山區溫度較低有關；同樣地，鄰近高雄壽山的人口密集區域有相當病例發生可能亦與壽山長期受到軍事管制，人為干擾並不嚴重有關。未來在壽山進行恙蟎調查將有助於驗證此一假說，並可教育當地登山民眾以降低恙蟲病感染率。

全台 14 縣市，93 個鄉鎮，104 個地點的調查，顯示恙蟲病例數多的鄉鎮其恙蟎數量也高，與恙蟎普遍存在的花蓮縣不同，台東縣台東市週遭的恙蟎可能呈現點狀分布，找出這些感染恙蟲病的熱點加以防治，當可更有效率減少當地民眾感染率。另外，在中海拔山區的調查發現恙蟎普遍存在，且寄生的鼠種與平地有相當大差別，有必要進一步研究以得知對於山區居民健康的影響。

比較傳統的簡單迴歸分析(simple regression)和 SARIMA 模式(Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average，季節性整合自我迴歸移動平均模式)，來分析民國 86 至 96 年金門縣恙蟲病感染率和氣候因子的關係，結果發現簡單迴歸分析會得出錯誤的結論。SARIMA 模式則顯示金門縣恙蟲病感染率和 1 個月、13 個月的恙蟲病感染率，及 2 個月前的平均最高溫有顯著關聯，可藉此用以預測未來病例數。SARIMA 模式則顯示澎湖縣恙蟲病感染率和 1 個月前的總雨量有關，因此當該月份雨量較去年同月份雨量增加時，可預期下月份恙蟲病感染率也會較去年同月份恙蟲病感染率增加。

檢視花蓮北部捕獲的 3,060 隻小獸類發現除了小黃腹鼠和鬼鼠外，赤背條鼠也是恙蟎的主要宿主之一。當地小黃腹鼠、鬼鼠、赤背條鼠三種主要宿主的帶蟎率(分別為 84.52%，73.02%，89.25%)、恙蟎指數(374.17, 208.94, 84.41)和老鼠血清抗體陽性率(92.9%，95.8%，84.1%)均相當高，民眾應該隨

時提防感染恙蟲病的可能。近年來在吉安和壽豐鄉大量出現的外來種緬甸小鼠，由於其恙蟎指數不高(9.45)，並非恙蟎合適寄主，因此近期內應當不會對於恙蟲病流行造成負面的影響，不過緬甸小鼠身上亦寄生不少長板恙蟎屬(*Gahrliopia*)種類(36.98%)，與其他鼠種以英帕恙蟎(*Leptotrombidium imphalum*)為主(全部鼠種：78.73%)不同，其對於當地恙蟲病的影響應該加以密切注意。

另外，27個腰高草生地，8個人高草生地和9個植林地比較結果顯示3種棲地類型，恙蟎指數並無顯著差異(ANOVA, $P=0.35$)。迴歸分析(regression analysis)則顯示恙蟎指數和多數環境因子無關，但干擾過的樣點(mean= 40)顯著較未干擾樣點(mean= 161)恙蟎數量低($P<0.001$)。進一步比較17個經常翻耕和16個未翻耕的樣區，未翻耕樣區的恙蟎指數(145.9)顯著翻耕樣區(50.9)高(t -test, $P<0.001$)。農政單位現行推動的休耕地翻耕補貼政策，增加了農地干擾的機會，也應可同時降低恙蟎數量，但須提防翻耕補貼政策的廢止。

關鍵詞：恙蟲病、恙蟎、生態因子、SARIMA、人為干擾、外來種

Abstract

It has recently been well recognized that environmental changes can have significant impacts on transmission of infectious diseases, and the merits of understanding relationships between environment and infectious diseases to disease prediction and prevention.

Scrub typhus is prevalent mainly in West Pacific, South Asia and Northeast and Southwest Australia. It is transmitted by larval trombiculid mites (i.e. chiggers) harboring the rickettsia *Orientia tsutsugamushi*. Knowledge of ecological determinants of chiggers can thus help reduce scrub typhus incidence.

Regression analyses indicated that infection rates of scrub typhus (incidence/population) based on towns from 1998 to 2007 significantly decrease with yearly average temperature and population density ($P < 0.0001$, $P = 0.01$, respectively), but will increase with yearly total precipitation, proportion of farmers and dry farm lands (all $P < 0.001$). We collected chiggers from small mammals in different habitats of Ji-an, Shou-fong, and Fong-lin in northern Hua-lien county, and did measurements of environmental factors. It was found that chiggers were much fewer in frequently disturbed areas (see later). The fact that scrub typhus infection rate is higher in eastern Taiwan and mountainous towns may thus be related to their being less disturbed. Although regions surrounding Mt. Longevity in Kaohsiung are highly populated, scrub typhus occurs each year in high numbers. We propose that strict military control renders Mt. Longevity more pristine and leads to higher chigger survivorship. A survey

of chiggers in this region can test our hypothesis, and can educate people against possible infections at the same time.

After surveying 104 locations in 93 towns of 14 counties, we found that there were more chiggers in areas of high scrub typhus infection, but the distribution of chiggers differed. For example, chiggers could be collected in most sites of Hua-lien County; on the contrary, chiggers were not observed near Tai-tung city despite high incidences in this region, which implicates that chiggers are distributed in limited sites. Locating these “hot spots” can more effectively eradicate the disease. In the mid-altitude mountainous survey site, chiggers were frequently recovered from rodent host species different from those in lowland areas, and further study is needed for its’ possible influence on human health in mountainous regions.

Correlating weather variables with infection rates of scrub typhus in Kinmen from 1997 to 2007 revealed that simple regression model can lead to misleading conclusions, in comparison with more sophisticated SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) model. SARIMA also demonstrated that infection rates of scrub typhus in Kin-men can be predicted from infection rates 1 month and 13 months ago, as well as average maximum temperature 2 months ago. In Pen-hu, SARIMA revealed a significantly positive correlation between infection rates of scrub typhus and total rainfall 1 month ago.

Except the most well known rodent hosts of chiggers in Taiwan, i.e. *Rattus losea* and *Bandicota indica*, *Apodemus agrarius* is also one of main hosts in northern Hua-lien after examining 3,060 rodents and insectivores. Prevalence of

chiggers (84.52%, 73.02%, 89.25%), chigger loads (374.17, 208.94, 84.41), and antibody positive rates (92.9%, 95.8%, 84.1%) are very high for these 3 main hosts (*R. losea*, *B. indica*, *A. agrarius*), implying high probability of infections in local people. We also found that chigger loads of a recently invasive rodent *Rattus exulans* were not high (9.45), their contribution to chiggers should thus not be positive in spite of their high abundance. However, a locally rare chigger genus (*Gahrliopia*) was observed in large quantities (36.98%) on *R. exulans*, which is different from main chigger species (*Leptotrombidium imphalum*, 78.73%) on all mammals examined. Its' influence on local scrub typhus incidence should not be neglected.

Chigger loads were not different among 3 habitat types (ANOVA, $P=0.35$), including 27 plots of low grasslands, 8 plots of high grasslands, and 9 plots of tree plantations. Chigger loads were not related to most environmental factors measured (with simple regression); however, disturbed plots harbored much less chiggers (mean= 40) than undisturbed plots (mean= 161, t -test, $P<0.001$). Plowed plots ($n=17$) also had much less chiggers (mean= 50.9) than un-plowed ones ($n=16$, mean=145.9) ($P<0.001$). Currently, fallow lands are subsidized to be plowed twice per year, and through land disturbance, this policy can also help suppress chiggers, but this subsidy may be abolished in the future and its' possible impact on scrub typhus incidence should be monitored.

Key words: scrub typhus, chigger, SARIMA, environmental factors, disturbance, invasive species

目 錄

	頁次
中文摘要.....	i
英文摘要.....	iv
目錄.....	vii
圖次.....	ix
表次.....	x
壹、前言.....	1
貳、材料與方法.....	10
一、台灣本島恙蟲病病例與環境因子之關係.....	10
二、台灣本島地區恙蟲病病例與恙蟲幼蟎數量之關係.....	11
三、運用數學模式建立金門縣和澎湖縣，氣候因子和恙蟲病病例 的關係.....	14
四、花蓮縣低海拔地區，恙蟲幼蟎數量與棲地類型之關係.....	15
參、結果.....	17
一、台灣本島恙蟲病病例與環境因子之關係.....	17
二、台灣本島地區恙蟲病病例與恙蟲幼蟎數量之關係.....	18
三、運用數學模式建立金門縣和澎湖縣，氣候因子和恙蟲病病例 的關係.....	19
四、花蓮縣低海拔地區，各鼠種帶蟎率、恙蟎指數和恙蟲病血清 抗體陽性率.....	22

五、花蓮縣低海拔地區，各鼠種恙蟎種類組成.....	24
六、花蓮縣低海拔地區，恙蟎數量與棲地類型之關係.....	25
肆、討論.....	26
伍、結論與建議.....	36
陸、計畫重要研究成果及具體建議.....	39
柒、參考文獻.....	41
捌、圖.....	50
玖、表.....	58

圖 次

頁次

圖一、民國 96 至 97 年台灣本島鼠類捕捉與恙蟲採集地點及捕捉調查 結果.....	50
圖二、民國 87 至 95 年台灣本島每月感染恙蟲病總病例數.....	51
圖三、民國 87 至 95 年台灣本島各鄉鎮每年每千人平均感染恙蟲病病 例分布圖.....	52
圖四、民國 86 年 1 月至 96 年 12 月金門縣每千人感染恙蟲病病例數變 化.....	53
圖五、利用 SARIMA 模式推測民國 97 年 1 至 8 月金門地區恙蟲病病 例數，與實際病例數比較.....	54
圖六、民國 87 年 1 月至 96 年 12 月澎湖縣每千人感染恙蟲病病例數變 化.....	55
圖七、民國 87 年至 96 年澎湖縣每年感染恙蟲病病例數及總人口數變 化.....	56
圖八、民國 88 年至 96 年澎湖縣每月恙蟲病感染率及 1 個月前每月總 雨量變化關係(以 12 個月差分之後所得之結果).....	57

表 次

頁次

表一、民國 96 至 97 年 14 縣市，93 個鄉鎮，104 個地點(依過去恙蟲 病例發生高低區分為流行區與非流行區)各種小獸類捕獲數 量，帶蝨率和恙蝨指數(恙蝨總數/小獸類個體數).....	58
表二、民國 86 年 1 月至 96 年 12 月金門縣恙蟲病感染率與當月份(Lag0) 和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係.....	59
表三、民國 86 年 1 月至 96 年 12 月金門縣恙蟲病感染率與當月份(Lag0) 和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係(進行差分後之結 果，詳見方法).....	59
表四、民國 87 年 1 月至民國 96 年 12 月澎湖縣恙蟲病感染率與當月份 (Lag0)和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係.....	60
表五、民國 87 年 1 月至 96 年 12 月澎湖縣恙蟲病感染率與當月份(Lag0) 和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係(進行差分後之結 果，詳見方法).....	60
表六、民國 96 年 1 至 3 月，8 至 12 月及 97 年 1 至 3 月花蓮縣吉安鄉、 壽豐鄉、鳳林鎮捕獲各種小獸類隻數、帶蝨率、恙蝨指數及恙 蝨總數.....	61
表七、民國 96 年 1 至 3 月，8 至 12 月及 97 年 1 至 3 月花蓮縣吉安 鄉、壽豐鄉、鳳林鎮利用 IFA 檢測各種鼠類隻數、恙蟲病陽 性率，和 Kato、Karp、Gilliam 三種恙蟲病立克次體陽性率...	62
表八、民國 96 年 1 至 3 月，8 至 12 月及 97 年 1 至 3 月花蓮縣吉安 鄉、壽豐鄉、鳳林鎮各鼠種寄生恙蝨種屬數量.....	63

壹、前言

疾病和環境之關係

近年來世界各國已經逐漸體認到環境變遷對於傳染病的影響，還有明瞭環境因子和疾病之間關係，對於預測傳染病爆發和防治傳染病的重要性(Walsh *et al.*, 1993；Aron *et al.*, 2001；Kuiken *et al.*, 2003；LoGiudice *et al.*, 2003；Ostfeld *et al.*, 2005)。許多重要的傳染病，例如瘧疾(malaria)、登革熱(dengue fever)和萊姆病(Lyme disease)等，主要經由蟲媒傳播。由於蟲媒對於溫度、溼度和棲息地等環境因子相當敏感，而病例通常和蟲媒的數量與壽命有明顯相關性，因此環境或氣候的改變對於蟲媒傳播的疾病通常有相當重要的影響(Patz *et al.*, 2004)。例如森林的砍伐，增加了瘧蚊屬(*Anopheles*)蚊子繁殖所需的水塘，砍伐後地面溫度的升高，也縮短了瘧蚊完成從叮咬到產卵(gonotrophic cycle)所需的時間，因此增加了瘧蚊叮咬人的頻度，也因此增加了非洲和中南美洲地區瘧疾的病例(Walsh *et al.*, 1993；Afrane *et al.*, 2005)。而聖嬰現象(El Nino)導致的氣候異常也可能促成瘧疾的流行，尤其是某些地區，平常蚊子由於受限於溫度和溼度無法生存，然而溫度的升高或雨量的增加可能正好提供病媒蚊繁衍機會，而那些地區居民由於鮮少感染瘧疾，缺少免疫力，也因此更容易促成瘧疾的爆發(Kovats *et al.*, 2003)。

另外，1975 年後美國東北部地區萊姆病(Lyme disease)的流行，被認為與農耕地的荒廢，導致農耕地逐漸回復為森林有關，而後者正是傳播萊姆病的硬蜱屬(*Ixodes*)所偏好的棲息環境(Ostfeld *et al.*, 1995)。此外，森林的開發與某些年份橡樹果實(oak)的大量生長，也促成了萊姆病病原，伯氏疏螺旋體菌 (*Borrelia burgdorferi*) 的重要宿主，與硬蜱幼蟲和若蟲階段的主要寄主，白足鼠(*Peromyscus leucopus*)，數量的增加，加上當地居民偏好居住於森林周圍，因此加劇了萊姆病的流行(Ostfeld *et al.*, 1996；Allan *et al.*, 2003)。

此外，多數(61%)的傳染病，尤其大部分(75%)的新興傳染病(emerging infectious diseases)屬於人畜共通疾病(zoonotic diseases)(Taylor *et al.*, 2001)，因此任何的環境變動，若導致動物宿主(reservoirs)的數量增加，或增加不同動物宿主之間或動物宿主與人的接觸機會，均有可能導致新興傳染病的發生(Graczyk, 2002)。例如近年來美國西南部漢他病毒肺症候群(Hantavirus pulmonary syndrome)的爆發，多與聖嬰現象導致雨量增加，造成漢他病毒的主要宿主：鹿鼠(*Peromyscus maniculatus*)的數量大量增加有關(Yates *et al.*, 2002)。2001-2003 於非洲加彭和剛果共和國發生的數次伊波拉病毒(Ebola virus)流行，大部分與獵人和靈長類的頻繁接觸有關(Leroy *et al.*, 2004)。1998-1999 於馬來西亞和新加坡爆發的立百病毒(Nipah virus)和病毒主要宿主，果蝠，與人類飼養豬隻的密切接觸有關(Daszak *et al.*, 2006)。愛

滋病病毒最初亦是由猿類傳染給人類的(Hahn *et al.*, 2000)。

這些案例顯示許多傳染病，尤其是新興傳染病的爆發，起因均相當複雜，且通常和疾病宿主在自然界中的數量、分布狀況和與其他物種的互動有關。然而傳統上對於傳染病的研究多集中於醫學、流行病學或公共衛生等領域上，對於野生動物的數量和疾病的研究則屬於環境生態與獸醫學門。有鑒於明瞭環境生態對於瞭解傳染病的重要性，加上近年來全球氣候變遷的速度加劇，美國的國家科學院(NSF)和國家衛生院(NIH)特別於最近共同支持跨領域的傳染病生態(Ecology of Infectious Disease)研究，希望藉由跨領域的合作，增進對於傳染病可能發生機制的瞭解，還有人類干擾環境對於疾病之影響，然而類似的研究在亞洲地區仍相當缺乏。

恙蟲病介紹

恙蟲病主要流行於西太平洋地區、南亞及澳洲東北和西南地區，全世界每年約有一百萬個病例，並有十億人有機會遭受感染(Kawamura *et al.*, 1995; Coleman *et al.*, 2003)。恙蟲的生活史分為七個時期：卵(egg)、次卵(deutovum)、幼蟲(larva)、前若蟎(protonymph)、次若蟎(deutonymph)、三若蟎(tritonymph)，及成蟲(adult)。其中只有幼蟲階段行寄生生活，其餘皆在土壤表面行自由生活，主要以小型節肢動物之幼蟲及卵為食。幼蟎的宿主對象相當廣泛，至少包括哺乳類、鳥類、兩棲爬蟲類和無脊椎動物，但以嚙

齒類鼠形動物(Muridae)中的家鼠屬(*Rattus*)為最主要的寄主(Harrison and Audy, 1951; Traub and Wisseman, 1974a; Kawamura *et al.*, 1995)。在自然界中，恙蟲和節肢動物與鼠類之間可形成一自給自足的系統，人類則僅為偶發的寄主。恙蟲病為經由帶有恙蟲病立克次體的幼蟎叮咬所引起，也因此幼蟎的分佈和數量通常是決定恙蟲病是否流行一相當重要指標，適當宿主的存在也是恙蟲病能否盛行相當重要的一環(Traub and Wisseman, 1974)。

有鑒於恙蟲幼蟎和其宿主對於瞭解與防治恙蟲病的重要性，日本、南韓、中國大陸、泰國與馬來西亞等國對於恙蟲病在當地流行狀況、恙蟎種類、恙蟎孳生地和恙蟎主要宿主均有相當程度的研究(如 Muul and Chai, 1978; Uchikawa *et al.*, 1994; Chang, 1995; Kawamura *et al.*, 1995; Ree *et al.*, 1995; Song *et al.*, 1996; 黎等, 1997; Frances *et al.*, 1999; Coleman *et al.*, 2003)。這些研究大多顯示恙蟲病的流行有明顯的季節性，多發生於炎熱的夏季(少數恙蟲病盛行於秋冬季，但臨床症狀通常較輕，如日本)，尤其以寒帶地區最為顯著，越接近熱帶地區則季節變化越不明顯，通常全年皆可發生。雨量通常也是決定恙蟲病是否流行的一個重要因素。推論這些現象與主要傳播恙蟲病的幼蟎種類需要適合生存的溫度和溼度有相當大之關係。在馬來西亞野外實際觀察赤蟲恙蟎(*Leptotrombidium akamushi*)和地里恙蟎(*L. deliensis*)，即發現幼蟎對於氣候變化相當敏感，較常在潮濕和溫度較適

中的天候中大量出現(Gentry *et al.*, 1963)。Gentry *et al.* (1977)進一步推論在熱帶地區，由於每月溫度變化不大，因此雨量可能是決定恙蟲數量多寡的最主要因素，這與寒帶地區恙蟲數量主要由溫度決定的狀況可能不同。孳生地部分，恙蟲的棲息環境雖然會因為地理區域或恙蟲種類不同而有相當大的變化，分布的海拔範圍也相當廣(Traub and Wisseman, 1974b)，但較常大量孳生於土壤能經常保持潮濕，且鼠形動物數量豐富的地區，這應當與幼蟲同時需要合適的棲息地與宿主有關。Traub and Wisseman (1974a)因此認為合適的環境與恙蟲病立克次體、恙蟲和鼠形動物的同時存在是恙蟲病流行的四個不可或缺要素，而其中環境對於恙蟲和鼠形動物的分布與數量又佔有相當決定性的影響。

台灣地區恙蟲病之研究

台灣地區自日據時代起即有恙蟲病流行之記載，對於恙蟲種類及其主要寄主，和恙蟲生育地也有研究，例如花蓮縣吉安鄉、鳳林鄉、壽豐鄉和澎湖地區曾有恙蟲病流行之記錄，澎湖鄉民經常用以築牆之咾咕石(珊瑚礁岩)也是恙蟲幼蟲主要棲息地之一，這與日本地區恙蟲主要棲息於野外地區，而非住家附近的狀況有所不同(Hatori, 1919；Blake *et al.*, 1945)。六〇年代後，在美國海軍醫學研究中心(U.S. Naval Medical Research Unit)的部分資助下，於澎湖曾進行一系列調查研究，包括恙蟲種類、密度及孳生地

(Cooper *et al.*, 1964 ; Lien *et al.*, 1967) , 鼠形動物及恙蟎帶原情形 (Cooper *et al.*, 1964 ; Olson *et al.*, 1978) , 恙蟎密度與病例發生之關係 (Olson *et al.*, 1982) , 恙蟎密度與平均溫度及平均降雨量的關係 (Dirk Van Peenen *et al.*, 1976 ; Olson and Scheer, 1978) , 與利用每日最高溫度預測病例流行等(Olson, 1979) 。澎湖地區研究與其他國家所得結果相似，均顯示恙蟲幼蟎的出現與溫度有關，有明顯的季節變化，在澎湖於春至秋季達到高峰，且多於某些棲息環境出現(例如五節芒地)。澎湖地區恙蟲病病例亦分別和當月從小型哺乳動物身上採獲的幼蟎數量，與月平均溫度成明顯正相關，顯示溫度、恙蟲數量和恙蟲病病例之間有相當密切的關係。在此同時，Gale *et al.* (1974) 及 Lien *et al.* (1974) 亦曾分別於花蓮豐濱及台東蘭嶼進行恙蟎採集。之後台灣省傳染病研究所在台東、宜蘭、花蓮、高雄、台南、雲林、嘉義、彰化、台中及南投等 10 縣 36 鄉鎮進行過野鼠恙蟲病調查，結果以東部和南投地區自老鼠身上採獲的幼蟎數量較西部地區為高(王，1988)。1986 年至 1987 年在花蓮縣壽豐鄉進行恙蟎季節消長調查，以九至十一月恙蟎密度最高，六月最低，推論可能與六月氣候炎熱導致幼蟎容易死亡有關(林，1999)。Hasegawa *et al.* (1990) 在台北、台東、阿里山、高雄、屏東及澎湖進行恙蟲病病媒調查，以澎湖和台東自老鼠身上採獲的幼蟎數量最高。王等(2004) 於金門進行恙蟎的調查，發現恙蟎密度以夏季最高，恙蟎密度亦分別和月

平均溫與月病例數有正相關。2000 年至 2001 年於花蓮縣的調查亦發現恙蟎密度有明顯季節變化，以春、夏季最高(王，2004)。

本計畫研究目的

雖然在台灣及鄰近外島地區曾經對於恙蟎種類及其主要寄主，和恙蟎孳生地進行過一系列相關的研究，然而這些研究大多停留在對於現象加以描述的階段，而較少進一步探討導致現象發生的可能原因。例如民國 86 至 92 年的資料顯示台灣花蓮、台東、南投和外島等地區，恙蟲病病例較多(王，2004)，然而這是否與開發程度較低，或受到溫度限制有關並不清楚。恙蟲數量可能受到所處環境溫度、溼度、土壤成分、老鼠的種類、數量和恙蟲若蟲與成蟲繁衍所需食用的節肢動物種類、數量等因素的影響。明瞭那些因素主要決定恙蟲的數量，才可能找出有效的防治方法，並預測恙蟲數量未來可能如何變動，以預先加以因應，例如溫度升高是否會增加台灣中海拔山區恙蟲病病例；或者農墾地開發是否可能影響恙蟲病的發生，這是因為恙蟲在台灣地區的主要寄主包括家鼠屬動物和鬼鼠(*Bandicota indica*)，而這類型動物在台灣主要出現在農墾地周圍，鮮少出現在森林或次生林中(Yu, 1994; Adler, 1995)。這類型的研究雖然對於恙蟲病的防治有相當大的助益，然而在台灣卻相當缺乏，在鄰近恙蟲病流行的國家也並未有過類似的研究。因此本計畫的目的之一是希望分析各鄉鎮縣市病例，和人口與各項環

境因子，例如溫度、雨量、開發程度的可能關係；同時實際野外調查比較台灣本島多數縣市，包含恙蟲病高發生率與低發生率地區，恙蟲幼蟎的數量，探討環境生態因子和恙蟲數量的關係，以瞭解那些因素可能是造成恙蟲病病例分布於特定縣市的原因。此外，本計畫也預定選擇恙蟲病流行的花蓮縣進行更細部的調查，比較並瞭解除了農耕地之外其他非住宅區棲地類型，恙蟲數量及其與環境生態因子的關係，以瞭解不同土地利用方式對於感染恙蟲病的可能影響。本研究所探討的生態因子包括老鼠的種類與數量，土壤硬度，以及環境棲地的組成，包括樹冠層、地表植被覆蓋度等植物組成狀況。由於整個恙蟲的生活史亦會受到當地鼠類組成和數量，及恙蟲若蟲及成蟲階段所需的無脊椎動物豐富度所影響，然而過去僅對於溫度和溼度(或雨量)對於幼蟎有何影響有進行過研究，因此本計畫著重在盡量找出可能影響恙蟲數量和恙蟲病病例的其他環境因子，以作為未來進一步研究的基礎。

另外，雖然在澎湖和金門地區曾探討過恙蟲病病例和環境因子，例如溫度和雨量的關係，然而這些資料涵蓋的時間通常少於五年，缺乏長期分析的結果(Olson and Scheer, 1978；王等，2004)。此外，當分析每月病例和氣候因子，例如每月平均溫度的相關性時，必須符合每月病例數為獨立的前提(Kovats *et al.*, 2003)，亦即當月病例數和下月病例數之間並無任何關

聯。然而由於恙蟲病和恙蟲的數量息息相關，而當月恙蟲數量和下月恙蟲數量可能存在某種相關性，因此分析病例和氣候因子時必須考慮每月病例的獨立性才能得出較為正確的結論，然而多數的研究並未考慮此點。另外，蟲媒對於氣候的反應通常有延遲的現象，例如在合適溫度下蟲卵通常需要數天或數週才能完成孵化，因此病例的發生可能和數月前而非當月的氣候因子有關。若能找出這樣的相關性，即可利用某月的氣候狀況來預測一段時間之後可能發生的病例數，進而達到預警的效果；此外，時間數列模式(Time Series Model)也可利用每月病例數不獨立性的特性來推估未來可能的病例數(Allard, 1998)，然而至今各國尚未發展出類似對於恙蟲病長期的數學模式分析。Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average(SARIMA)即是這類型可用以分析與預測病例和環境因子關係的時間數列模式，例如 SARIMA 即被分別用來分析澳洲地區，蚊媒傳播的羅斯河病毒(Ross River virus)和 Barmah 森林病毒(Barmah forest virus)病例，與溫度、雨量和溼度之間的關係，並預測病例的發生(Hu *et al.*, 2004；Naish *et al.*, 2006)。本計畫的另一目的即是希望藉由 SARIMA 這類型的數學模式來分析並比較民國八十六年至今，金門和澎湖地區恙蟲病病例和環境因子的關係，同時矯正病例數不獨立的問題，並希冀找出合適的數學模式來達到預警的目的。

貳、材料與方法

(一) 台灣本島恙蟲病病例與環境因子之關係

民國 87 年至 95 年恙蟲病病例資料取自本局傳染病個案通報管理系統，以鄉鎮為單位分析，並視情況剔除感染鄉鎮地區不明之病例。由於海島生態狀況特殊，因此本計畫僅分析台灣本島各鄉鎮的恙蟲病病例，而剔除掉外島的資料，包括澎湖縣、金門縣、連江縣，和屏東縣琉球鄉，台東縣綠島、蘭嶼鄉。本計畫以每年平均病例數除以各鄉鎮每年平均人口數所求得的數值(患病率)，而非單純病例數，來分析與環境因子的關係，如此可避免病例數受到人口數量，而非環境因子影響的問題。環境因子包括各鄉鎮每年平均溫度、總雨量、人口密度(作為開發程度指標)、農民人口比例和旱田佔所有耕地比例。各鄉鎮每年平均溫度、總雨量擷取自中央氣象局出版的中華民國台灣地區氣候圖集第一冊(中央氣象局，1990)，首先利用 GIS(Geographic Information System 地理資訊系統)將各月平均溫度和各月總雨量數位化成 GIS 圖層，再和 1*1 公里的網格系統疊圖，以 dBase 檔案格式載入 SAS 統計軟體，以計算出台灣地區每一個 1*1 公里方格內各月平均溫度和總雨量，最後再和台灣地區鄉鎮界線套疊，依同樣方法計算出各鄉鎮各月平均溫度和總雨量，全年平均溫度和總雨量則分別是各月平均溫度和總雨量的平均和加總。各鄉鎮人口密度、農民人口比例和旱田佔所有耕

地比例資料則取自農委會區域農業經濟資料庫，計算方法為求取民國 85 至 93 年之平均值。

(二)台灣本島恙蟲病病例與恙蟲幼蟎數量之關係

台灣本島野外實際調查恙蟲幼蟎部分，民國 96 至 97 年於宜蘭縣冬山鄉得安村、廣安村，三星鄉大義村，大同鄉崙埤村，宜蘭市凱旋里，礁溪鄉匏崙村，五結鄉利澤村，壯圍鄉吉祥村，員山鄉七賢村；花蓮縣新城鎮北埔村，吉安鄉干城村，壽豐鄉平和村，鳳林鎮林榮里，光復鄉大平村，玉里鎮樂合里、觀音里、春日里，瑞穗鄉瑞穗村、富源村、鶴岡村，卓溪鄉卓清村，富里鄉羅山村；台東縣池上鄉福原村，關山鎮里墘里、電光里，台東市富豐里、建農里，卑南鄉利吉村、檳榔村，太麻里鄉美和村，鹿野鄉瑞隆村、瑞和村，延平鄉鸞山村，卑南鄉嘉豐村；南投縣仁愛鄉南豐村，埔里鎮福興里、牛眠里，國姓鄉大石村，水里鄉玉峰村，魚池鄉頭社村，集集鎮和平里，名間鄉仁和村，竹山鎮延平里，中寮鄉中寮村，鹿谷鄉秀峰村，草屯鎮新豐里；新竹縣橫山鄉豐田村，尖石鄉嘉樂村，關西鎮東光里，芎林鄉綉湖村，北埔鄉南坑村，峨眉鄉石井村，竹東鎮瑞華里，五峰鄉大隘村，寶山鄉寶山村；苗栗縣獅潭鄉永興村，三灣鄉大河村，南庄鄉蓬萊村，大湖鄉富興村，銅鑼鄉新隆村，公館鄉開礦村，後龍鎮灣寶里，造橋鄉平興村，卓蘭鎮老庄里；台中縣烏日鄉學田村、霧峰鄉舊正村，大

甲鎮文曲里，外埔鄉水美村，大安鄉東安村，石岡鄉九房村，東勢鎮茂興里，和平鄉平等村；彰化縣彰化市三村里，芬園鄉嘉興村，二水鄉裕民村，雲林縣蒜桐鄉五華村，古坑鄉南仔村，林內鄉湖本村，斗六市崙峰里；嘉義縣梅山鄉雙溪村，竹崎鄉和平村，番路鄉江西村；台南縣玉井鄉沙田村，南化鄉南化村，左鎮鄉睦光村，山上鄉玉峰村，官田鄉官田村、大社村，楠西鄉照興村，東山鄉南勢村，六甲鄉王爺村，大內鄉頭社村，龍崎鄉龍船村；高雄市鼓山區；高雄縣六龜鄉新寮村，美濃鎮廣林里，旗山鎮圓潭里，田寮鄉古亭村，內門鄉中埔村，甲仙鄉寶隆村，屏東縣高樹鄉，山地門鄉青葉村，鹽埔鄉鹽北村，里港鎮三部村等 14 縣市，93 個鄉鎮，104 個地點進行鼠類捕捉與恙蟲採集(圖一)，除了台中縣和平鄉的採樣點是位於海拔約 2,000 公尺的中海拔地區外，其他樣點均位於海拔 300 公尺以下的平地。其中民國 87 至 95 年恙蟲病高發生率與低發生率鄉鎮大約佔各半，且調查的恙蟲病高發生率與低發生率鄉鎮均分別涵蓋台灣北中南三區，以避免緯度所導致的溫度差異對於恙蟲數量所可能造成的影響。

由於恙蟲病的潛伏期約為 7-12 天，因此若將民國 87 至 95 年台灣本島(扣除掉金門、馬祖、澎湖等外島)恙蟲病病例發生時間，扣除掉 10 天，約可求得病患感染恙蟲病時間。所求得的每月恙蟲病病例資料顯示每年 7 月為恙蟲病感染的高峰(圖二)，本研究因此主要選定 6、7 月進行台灣全島的

恙蟲調查。

調查時於每鄉鎮選擇適當的地點，佈 15 個鼠籠陷阱，包括 5 個可折疊式薛門氏鼠籠(Sherman)，和 10 個台灣製鼠籠(大小較薛門氏鼠籠大)。鼠籠放置一個晚上，並於隔天早上檢視捕捉狀況。捕獲老鼠後，依體型大小以 0.01~0.08 ml Zoletil 50 麻醉劑進行皮下注射，測量過動物的體重、體長、尾長、後腳長和耳長，並檢視性別和生殖狀況之後，再將有恙蟎寄生之部位，如耳殼、生殖器附近、胸部、後腿之皮膚刮下置於 20 ml 塑膠瓶中，靜置幾天讓恙蟎脫離鼠體後以 70% 酒精保存。同時收集動物的其他外寄生蟲(硬蜱、蟎和跳蚤)，並保存於 70% 酒精中。另外視情況由心臟、臉頰或大腿採集老鼠血液，離心後分離出血清，之後保存於-20°C 冰箱中。

恙蟎鑑定方法為將恙蟎置於去離子水 3~4 次，每次 30 min。再將恙蟎以 Berlese 封片液(Asco Laboratories, Manchester, UK)蓋片。以 Olympus BX50 顯微鏡鏡檢。恙蟲之分類方法則參考 Nadchatram and Dohany (1974)、Vercammen-Grandjean and Langston (1976)、Wang and Yu (1992)及黎等 (1997) 之報告。鑑定完成之標本以數位影像系統照相存檔。

鼠類恙蟲病感染情況則是將鼠類血清以 40 倍 PBS 稀釋後，滴至包括有 Kato、Karp 和 Gilliam 三品系之恙蟲病立克次體抗原玻片上(谷元生物科技，台北)，之後置於潮濕水箱中於 37°C 作用 30 分鐘，以 PBS 洗掉多餘血清並

浸泡 5 分鐘，再以去離子水沖洗、風乾，再以標識有螢光物質(Fluorescein Isothiocyanate, FITC)的山羊抗鼠 IgG + A + M 血清(FITC-goat anti-mouse IgG + A + M(H+L), Zymed Laboratories Inc., USA)浸潤，並置於潮濕水箱中於 37 °C 作用 30 分鐘，以 PBS 浸洗風乾後，滴上 PBS/甘油等體積之混合溶液，蓋以蓋玻片後，於螢光顯微鏡下，觀察其螢光反應。

(三)運用數學模式建立金門縣和澎湖縣，氣候因子和恙蟲病病例的關係

由於恙蟲病潛伏期為 7-12 天，因此本研究由發病日回推 10 天推估為病患感染日期，以此得出 1997-2007 年金門縣和澎湖縣每月感染恙蟲病人數，並分別除以當年金門縣和澎湖縣人口數再乘以 1,000(求得每千人感染率)作為依變數(response variable)。分析的氣候因子(作為自變數 independent variable)則包括每月平均溫、平均最高溫、平均最低溫、平均相對溼度、總雨量、總蒸發量及總雨量和總蒸發量的差異(總雨量減總蒸發量，作為土壤含水量的指標)等 7 個因子。此外，由於恙蟲的數量可能會受到先前幾個月的氣候所影響，因此除了分析當月的病例數和當月氣候因子(稱作 lag0)的關係外，同時分析當月的病例數和 1-6 個月前氣候因子(lag1, lag2...lag6)的關聯。此部分將同時比較傳統研究者使用的迴歸方法(simple regression)，只考慮每月變異不相同(non-stationary)的迴歸方法，及同時考慮病例和氣候資料不獨立(auto-correlation)的季節性整合自我迴歸移動平均模型(SARIMA

Model, Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Model)三種方法所
得出之結論差異。

首先利用簡單線性迴歸(simple linear regression)，檢視金門縣和澎湖縣
每月恙蟲病感染率，和當月與 1-6 個月前 7 個氣候因子的關係。接著利用差
分(differencing)的方法來解決變異不相同(non-stationary)的問題。由於恙蟲
病病例的發生和氣候因子均具有明顯的季節變化，且通常以一年為一個循
環，因此選擇 12 個月作為差分的依據。每月的資料因此以該月數值減去去
年同月份數值代替，例如 2003 年 6 月恙蟲病的感染率轉換為以 2003 年 6
月感染率減去 2002 年 6 月感染率所求得的數值來代替。每月份恙蟲病感染
率和氣候因子均利用相同的方法轉換後再利用簡單線性迴歸求得恙蟲病感
染率和當月與 1-6 個月前 7 個氣候因子的關係。最後為了同時解決病例和氣
候資料不獨立的問題，首先將差分後的恙蟲病感染率代入季節性整合自我
迴歸移動平均模型 SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s 中，之後再加入差分後的每月氣
候資料以得知恙蟲病感染率和氣候因子的關係。最後並利用所建立的數學
模式推估 2008 年 1 至 8 月金門縣和澎湖縣恙蟲病感染率，並與實際情況進
行比較。

(四)花蓮縣低海拔地區，恙蟲幼蟎數量與棲地類型之關係

此部分研究的目的是比較一恙蟲病高流行地區(花蓮縣)，不同環境恙蟎

數量的差異，並探討那些環境因子可能是導致如此差異的原因。

低海拔(<1,000 公尺)孳生地調查，包括不同高度的草叢地與植林地等類型。調查時，選定一大片高度相似的草叢地或植林地，於民國 96 年 1 至 3 月調查時，在每個調查地點，選定兩條路線，每條路線上放置 10 個薛門氏鼠籠，和 2 個台灣製鼠籠(每地點共 24 個鼠籠)；民國 96 年 8 月至 97 年 3 月時，為了增加捕獲量，在每個調查地點增加為 3 條路線，每條路線上放置 10 個薛門氏鼠籠，和 3 個台灣製鼠籠(每地點共 39 個鼠籠)。鼠籠則連續放置 3 晚。捕獲老鼠後，採集恙蟲、其他外寄生蟲和血清的方法，恙蟲的鑑定步驟和老鼠血清是否感染恙蟲病檢測則和全省調查時相同。

植被結構的調查方式則是以每個薛門氏捕捉鼠籠為中心，測量 1 平方公尺方格內土壤的硬度(以竹村土壤硬度計 SHM-1 檢測)、土表石頭量、落葉量、枯枝量、2 公尺高度下植物的覆蓋程度、及 0-20 公分、20-50 公分、50-100 公分、100-150 公分、150-200 公分植物的密度，與樹木的高度和以捕捉鼠籠為中心半徑 5 公尺內樹木的遮蔽度。每樣區各項環境因子以所測量的 30 個樣點的平均值表示。另外，也同時紀錄每樣點在最近半年內是否曾經淹水或被翻土、收割。

參、結果

(一)台灣本島恙蟲病病例與環境因子之關係

民國 87 年至 95 年恙蟲病病例資料僅記載感染者的居住鄉鎮，94 年之後則同時記錄患者居住地和感染地。94 年之後的資料顯示，患者居住地除了在台北縣市、台中縣市，其感染恙蟲病地點大多位於其他縣市鄉鎮之外，其餘縣市鄉鎮的患者其居住地和感染地大致相符。本報告以民國 87 年至 95 年感染者的居住鄉鎮推斷為其感染地雖然會高估台北、台中縣市恙蟲病的感染機率，但由於本報告以該段時間內各鄉鎮恙蟲病病例數除以該鄉鎮人口數(感染率)作為比較的對象，而台北、台中縣市多數行政區域內人口相當多，因此所求得的感染率應能確切反映台灣本島各鄉鎮的恙蟲病感染率。

民國 87 年至 95 年平均每年各鄉鎮每千人感染恙蟲病病例為 0.03 例，恙蟲病感染率最高的前 50 個鄉鎮位於台東縣、花蓮縣全縣及南投縣、高雄縣、宜蘭縣、屏東縣、嘉義縣、苗栗縣和台南縣的山地鄉鎮(圖三)，最低的 50 個鄉鎮則多屬於都會區和台灣西部的靠海鄉鎮，較為特殊的是高雄市的鼓山區、左營區、三民區和新興區感染恙蟲病病例並不低。

利用簡單迴歸(simple regression)分析各鄉鎮恙蟲病感染率和各鄉鎮年

平均溫度、年總雨量、人口密度、農民人口比例和旱田佔所有耕地比例，顯示恙蟲病感染率會隨著年平均溫度、人口密度的增加而降低(分別為 $P < 0.0001$, $P = 0.01$)，但會隨著年總雨量、農民人口比例、旱田佔所有耕地比例的增加而增加(均為 $P < 0.001$)。上述所有因子共可解釋各鄉鎮恙蟲病感染率變異的 31.3%。

(二)台灣本島恙蟲病病例與恙蟲幼蟎數量之關係

民國 96 至 97 年於 14 縣市，93 個鄉鎮，104 個地點(圖一)各種小獸類捕獲數量，帶蟎率和恙蟎指數(恙蟎總數/小獸類個體數)如表一。結果顯示，若以較易為恙蟎寄生的小黃腹鼠(*Rattus losea*)做為比較對象，帶蟎率和恙蟎指數皆以恙蟲病流行區較非恙蟲病流行區要來得高出許多(分別為 83.3% vs. 21.1%；357.3 vs. 6.3)，鬼鼠(*Bandicota indica*)的帶蟎率和恙蟎指數亦以恙蟲病流行區較非流行區高(分別為 72.7% vs. 12.5%；87.3 vs. 7.6)。灰鼯鼯(*Crocidura attenuata*)的帶蟎率和恙蟎指數雖以恙蟲病非流行區較高，但由於捕捉到該種類的數量很少，且僅紀錄到一隻灰鼯鼯帶有少數恙蟎(16 隻)，因此此項結果較不具代表性。高山鼠種中，刺鼠(*Niviventer coxingi*)和高山白腹鼠(*N. culturatus*)均有恙蟎寄生，恙蟎指數(恙蟎總數/總小獸類個體數)分別為 140 和 8，數量最多的森鼠(*Apodemus semotus*)其帶蟎率(帶有恙蟎小獸類個體數/總小獸類個體數)為 33.3%，恙蟎指數則為 2.1。同樣地，由於

僅有一個採樣點位於高山區，因此不適合藉此用以比較恙蟲病流行區和非流行區恙蟎數量的差異。

綜合結果顯示台灣地區恙蟲病的流行與否應與恙蟎的數量有相當程度的關係，恙蟲病不流行區域至少應非與當地雖適合恙蟎生存，但恙蟎並無帶有恙蟲病病原有關。但本次調查亦發現，相較於恙蟲病相當盛行的花蓮縣在各鄉鎮均可採集到相當數量的恙蟎，在恙蟲病同樣盛行的台東縣台東市、卑南鄉、太麻里鄉所捕捉到的小黃腹鼠和鬼鼠並未帶有恙蟎，顯示台東縣感染恙蟲病的區域可能並非普遍分布，而是侷限於部分地區，若能找出這些地區加以防治或進行宣導，應當對於減少感染恙蟲病有相當大幫助。

(三) 運用數學模式建立金門縣和澎湖縣，氣候因子和恙蟲病病例的關係

一、金門縣

民國 86 年 1 月至民國 96 年 12 月金門縣每千人感染恙蟲病病例在年內和年間變化均相當明顯(圖四)。金門縣每年恙蟲病病例多在 5 月開始出現，6 月達到高峰，8 月病例數通常較鄰近 7 月、9 月低，11 月之後大多不再有病例發生。歷年來病例數則以民國 90 至 93 年明顯較低。

簡單迴歸分析顯示每月恙蟲病感染率和當月 7 個氣候因子均有相當顯著的關係，和 1 至 6 個月前的氣候因子也多有顯著的關係(表二)。以 12 個

月為單位進行差分(differencing)後，簡單迴歸分析顯示僅有少數幾個氣候因子會顯著影響恙蟲病感染率，包括當月平均最低溫及 1 個月前的相對溼度，3 至 5 個月前的平均最高溫，及 3 個月前的總雨量和總雨量-總蒸發量(表三)。為了同時解決病例和氣候資料不獨立的問題，首先將差分後的恙蟲病感染率代入季節性整合自我迴歸移動平均模型 SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s 中。最後求得 SARIMA(1,0,0)(1,0,0)₁₂ 模式，求得之結果為：

$$X'_t = 0.532X'_{t-1} - 0.56X'_{t-12} + 0.298X'_{t-1}X'_{t-12} + a_t$$

其中 $X'_t = X_t - X_{t-12}$ ， X_t 及 X_{t-12} 分別為當月和 1 年前恙蟲病感染率

$X'_{t-1} = X_{t-1} - X_{t-13}$ ， X_{t-1} 及 X_{t-13} 分別為 1 個月和 13 個月前恙蟲病感染率

$X'_{t-12} = X_{t-12} - X_{t-24}$ ， X_{t-12} 及 X_{t-24} 分別為 1 年前和 2 年前恙蟲病感染率

a_t 為誤差值

此結果顯示(1)金門縣每月恙蟲病感染率(差分後結果)和 1 個月前及 1 年前的感染率有顯著的關係，亦即每月恙蟲病感染率並非獨立的資料，若未考慮此問題，而僅是使用傳統迴歸分析，將導致錯誤的結論；(2)當月恙蟲病感染率(差分後結果)可利用 1 個月前及 1 年前的感染率加以協助推測。

若再加入差分後的每月氣候資料，結果顯示僅有 2 個月前的每月平均最高溫會影響當月恙蟲病感染率，當平均最高溫越高時，恙蟲病感染率也隨

之下降：

$$X'_t = 0.515X'_{t-1} - 0.578X'_{t-12} + 0.298X'_{t-1}X'_{t-12} - 0.01T'_{\max(t-2)} + a_t$$

其中 $T'_{\max(t-2)} = T_{\max(t-2)} - T_{\max(t-14)}$ ， $T_{\max(t-2)}$ 及 $T_{\max(t-14)}$ 分別為 2 個月前和 14 個月前的每月平均最高溫。

此結果亦顯示金門縣當月恙蟲病感染率(差分後結果)可利用 2 個月前的每月平均最高溫加以協助推測。

利用求得之數學模式來預測，結果顯示民國 97 年 1 至 8 月的實際病例數和預測方向相當吻合，不過 6 月份的實際病例數比預測值高出許多(圖五)。

二、澎湖縣

民國 87 年 1 月至 96 年 12 月澎湖縣每千人感染恙蟲病病例在年內和年間變化亦相當明顯(圖六)。相對於金門縣，澎湖縣每年恙蟲病病例多在 4 月即開始出現，另外高峰期較不固定，且通常多於 12 月後才不再有病例發生。雖然近年來澎湖縣的總人口數並無增加許多，但病例數則有急速增加的趨勢，由民國 93 年之前的低於 20 個病例數，急速上升至 96 年的 80 個病例數(圖七)。

簡單迴歸分析顯示每月恙蟲病感染率和當月溫度有顯著的關係，和 1 個月前的溫度及雨量，2 個月前的濕度及雨量也有顯著的關係(表四)。以 12

個月為單位進行差分後，簡單迴歸分析顯示每月恙蟲病感染率和當月溫度依然有顯著的關係，和 1 個月前的濕度，尤其是雨量以及蒸發量，關係尤其顯著(表五)。將差分後的恙蟲病感染率代入 SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s 後，並未發現鄰近月份病例數間有相關，代入各個氣候因子之後，發現恙蟲病感染率和 1 個月前的總雨量及總蒸發量有顯著的關係，與總雨量的關係尤其密切($P<0.001$)。當該月份雨量較去年同月份雨量增加時，可預期下月份恙蟲病感染率也會較去年同月份恙蟲病感染率增加(圖八)。

(四)花蓮縣低海拔地區，各鼠種帶蝨率、恙蝨指數和恙蟲病血清抗體陽性率

民國 96 年 1 至 3 月，8 至 12 月及 97 年 1 至 3 月於花蓮縣吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鎮 148 個樣點、299 條樣線所進行的 10,790 個捕捉籠夜中，共捕捉到鼠類與食蟲目錢鼠鼯鼯類個體共 3,060 隻，捕獲率為 28.4%，其中包括近年才入侵台灣的緬甸小鼠(*Rattus exulans*)和銀腹鼠(*R. argentiventer*)。3,060 隻鼠類與食蟲目動物中，以田鼯鼠(*Mus caroli*)數量最多(813 隻)，其次為赤背條鼠(*A. agrarius*)(651 隻)、緬甸小鼠(*R. exulans*)(502 隻)、錢鼠(*Suncus murinus*)(473 隻)和家鼯鼠(*M. musculus*)(355 隻)(表六)。

3,060 隻鼠類與食蟲目動物身上共採集到 132,503 隻恙蝨，各種小獸類捕獲數量，帶蝨率，恙蝨指數和恙蝨總數如表六。各種類中，以小黃腹鼠的恙蝨指數最高(374.17)，其次為鬼鼠(208.94)和赤背條鼠(84.41)，但若考量

當地各種小獸類的族群數量，由於赤背條鼠的隻數較小黃腹鼠(155)和鬼鼠(63)多上許多，因此赤背條鼠所寄生的恙蟎總數(54,950)和小黃腹鼠(57,997)相差不多，也較鬼鼠(13,163)明顯來得高，顯示赤背條鼠和小黃腹鼠為花蓮縣吉安、壽豐、和鳳林地區恙蟎的主要寄主。恙蟎總數高的鼠種，包括赤背條鼠、小黃腹鼠和鬼鼠同時也有較高的帶蟎率。銀腹鼠和小麝鼯(*C. suaveolens*)雖然帶蟎率也相當高，不過由於捕獲的數量相當少，因此確切的帶蟎率還需要進一步研究才能得知。另外，外來種緬甸小鼠雖然數量相當多，但由於所寄生的恙蟎數量並不多(恙蟎總數：4,745)，因此短時間內緬甸小鼠入侵的區域，恙蟎數量應該不會大量增加。另一種新近外來種銀腹鼠則是數量和恙蟎總數都相當低。

利用恙蟲病抗原玻片共檢測了 847 隻鼠類血清(表七)，恙蟲病立克次體的抗體陽性率為 67.1%，Kato、Karp、Gilliam 三種品系的陽性率分別為 64.5%、62.0%、55.7%。檢測的 7 種老鼠中，多數鼠種恙蟲病立克次體的抗體陽性率相當高，其中以外來種銀腹鼠的陽性率最高(100%)，不過捕獲的數量相當稀少(3 隻)，因此較不具代表性。鬼鼠、小黃腹鼠和赤背條鼠三種恙蟎的主要宿主，其恙蟲病立克次體的陽性率均相當高(分別為 95.8%，92.9%，84.1%)。緬甸小鼠和家鼯鼠雖然恙蟎指數相當低，但恙蟲病的陽性率並不低(62.2%，49.3%)，僅田鼯鼠的抗體陽性率為 26.5%，顯示吉安、壽

豐、鳳林這些區域恙蟎的恙蟲病立克次體抗體陽性率相當高。各鼠種 Kato、Karp、Gilliam 三種品系的陽性率多以 Kato 最高，Gilliam 最低，不過除了樣本數很少的銀腹鼠之外，其餘鼠種三種品系的陽性率差異不大(表七)。

(五)花蓮縣低海拔地區，各鼠種恙蟎種類組成

由於採集到的恙蟎數量相當多，無法全部進行鑑定，因此於每隻捕捉到的老鼠或食蟲目動物身上選取至少五分之一的恙蟎進行種類鑑定。最後由 939 隻老鼠或食蟲目動物身上鑑定出 33,387 隻恙蟎(表八)，其中以赤背條鼠和小黃腹鼠鑑定的數量最多，其次為鬼鼠和緬甸小鼠。

所有恙蟎種類中，以英帕恙蟎(*Leptotrombidium imphalum*)所佔的比例最高(78.73%)，其次為地里恙蟎(*L. imphalum*)(10.86%)，這兩種恙蟎即佔所有鑑定種類的 90%。另外還有少數屬於無前恙蟎屬(*Walchia*)(0.76%)，背展恙蟎屬(*Gahrliopia*)(2.14%)與其他纖恙蟎屬(*Leptotrombidium*)種類(0.83%)(確定為其他非英帕恙蟎或地里恙蟎之其他纖恙蟎屬種類)。另有 6.66%標本由於狀況不佳，僅能鑑定至纖恙蟎屬，而無法鑑定至種。

9 種鼠類或食蟲目動物中，大多數寄生的恙蟎種類為英帕恙蟎和地里恙蟎(表八)，不過外來鼠種的緬甸小鼠，卻帶有相當高比例的背展恙蟎屬恙蟎(36.98%)。家鼯鼠身上鑑定出的恙蟎，則都屬於英帕恙蟎或地理恙蟎以外的

其他纖恙蟎屬種類。

(六)花蓮縣低海拔地區，恙蟎數量與棲地類型之關係

由於赤背條鼠的數量較多，於多數樣點出現，且每隻個體寄生的恙蟎數量有相當大的變化(0-918 隻恙蟎)，因此利用每樣點捕獲的赤背條鼠其恙蟎指數，代表該樣點出現恙蟎數量多寡的指標。利用 ANOVA 比較 44 個捕捉到超過 5 隻赤背條鼠的樣點其恙蟎指數，包括 27 個腰高草生地樣點，8 個人高草生地樣點和 9 個植林地樣點，結果顯示三種棲地類型，赤背條鼠其恙蟎指數並無顯著差異(ANOVA, $P=0.35$)。

利用迴歸分析(regression analysis)分析 44 個捕捉到超過 5 隻赤背條鼠的樣點老鼠身上平均恙蟎指數，和所屬樣點土壤硬度、地表石頭量、落葉量、2 公尺以下植被覆蓋度、植被高度、各層植物密度(0-20cm, 20-50cm, 50-100cm, 100-200cm, 200-500cm)、喬木高度、喬木覆蓋度(以該樣區所有測量的點其平均值代表)，與該樣點近半年內是否曾經歷過翻耕、收割、淹水等干擾之關係，發現恙蟎指數僅和當地是否於近期經歷過干擾有關($P<0.001$)，近期未經歷干擾的樣點其平均恙蟎指數(mean= 161)至少為近期曾經歷干擾樣點(mean= 40)的 4 倍。若進一步比較 17 個經常翻耕和 16 個未翻耕，長期荒廢的樣區，未翻耕樣區的恙蟎指數(145.9)顯著較高(t -test, $P<0.001$)，約為翻耕樣區(恙蟎指數：50.9)的 3 倍。

肆、討論

台灣本島恙蟲病病例多分佈於東部地區和鄰近山地等人口稀少的鄉鎮，都會區和沿海地區的病例則相對稀少(圖三)。分析各鄉鎮病例和環境因子的關係，顯示恙蟲病感染率會隨人口密度增加而減少，但隨農民人口比例增加而增加，這與在人口密集，都市化程度高的鄉鎮有較少的恙蟲病病例觀察吻合。另外，在旱田比例較高的鄉鎮有較高恙蟲病感染率，也和恙蟲病病例在東部地區和山地(多為旱田)出現較頻繁，但在西部沿海地區(多為水田)病例少的觀察吻合。於花蓮吉安鄉、壽豐鄉和鳳林鎮實地調查恙蟲數量和環境因子的關係，觀察到恙蟲在經常被干擾的地區其數量較久經荒廢的地區少上許多，僅為鮮少干擾地區的四分之一，因此推論台灣本島高人口密度和西部平地的鄉鎮有較少的恙蟲病病例，可能和該地區的土地經常受到人為干擾有關，此外，恙蟲的生活史和土壤狀況息息相關，不太能於水田中生存，若蟲和成蟲所需取食的節肢動物在水田中應該也較缺乏，如此應該也是導致在西部沿海地帶，水田、池塘多的鄉鎮，恙蟲病病例稀少的主要原因之一。本研究考量到小島的生態通常較特殊，因此並未將金門、馬祖、澎湖、綠島、蘭嶼和小琉球等小島納入恙蟲病病例和環境因子的分析中，不過檢視恙蟲病盛行的金門、澎湖和蘭嶼，同樣可發現這些小島，人口密度不高，或像金門過去長期受到開發限制，因此土地受到干擾

翻動的機會較低。

分析各鄉鎮病例和環境因子的關係，顯示平均溫度低的鄉鎮，恙蟲病感染率反而較高，這結果和已知恙蟲病病例會隨著溫度升高而增加的季節性變化預期恰好相反(如 Gentry *et al.*, 1977; Kawamura *et al.*, 1995)，例如圖二即顯示台灣本島病例在 4 月開始增加，9 月之後逐步減少。推論造成平均溫度低的鄉鎮，恙蟲病感染率反而較高的可能原因為 1.溫度低的鄉鎮通常同時也是人為干擾較少的山地鄉鎮，因此恙蟲病感染率可能主要並非受到溫度，而是人為干擾所影響；2.台灣各鄉鎮的年平均溫度差異並不大(14 至 25 度)，此溫度範圍內可能都相當適合恙蟎生存，且在此溫度範圍內，溫度低反而適合恙蟎生長，不過類似溫度低反而適合恙蟎生長的現象並未被證實過，但亦有可能平地和山區恙蟎病媒的種類並不相同，有些恙蟎種類僅在溫度低的秋、冬季出現，例如金門的小板恙蟎(*Leptotrombidium scutellare*)(王，2004)，若生長在山區的恙蟎種類恙蟲病帶病率較平地種類高，且偏好選擇人類當寄主，即有可能導致平均溫度低的鄉鎮，恙蟲病感染率反而較高的現象。其他可能的原因是台灣山地鄉鎮，尤其是東部鄉鎮，涵蓋的面積通常相當大，包括許多高海拔區域，但該鄉人口卻多集中分布在海拔較低的村落，因此利用鄉鎮當作分析單位所求得全鄉的平均溫度會比該鄉居民實際生活的溫度要來得低上許多，這也可能是造成溫度低，感

染率反而增加的原因之一。未來可縮小分析的單位至村里，或利用其他可代表人為干擾程度的指標來進行分析，應更能準確反應恙蟲病感染率和環境因子的關係。

另外值得注意的是，高雄市鼓山、左營、三民和新興區等人口密集，屬於西部沿海的都會區，恙蟲病感染率卻不低，每年均有相當的病例數出現。推論這可能和這些區域緊鄰高雄壽山有關，壽山由於近年來才開放進入，且部分地區仍列為軍事管制區，所受到的人為干擾較小，恙蟎可能因此有機會大量生長，進而叮咬到附近活動的民眾，可惜的是，97 年於高雄市鼓山區的調查並未能捕捉到任何的老鼠，無法驗證壽山是否為高雄市每年感染許多恙蟲病的高危險區。

台灣全島恙蟎調查顯示恙蟲病盛行的地區，恙蟎指數也較高，代表恙蟲病病例和恙蟎數量之間應該存有著相當直接的關聯。這和台灣省傳染病研究所於 10 縣 36 鄉鎮進行的野鼠恙蟲病調查(王,1988),和 Hasegawa *et al.* (1990)在台北、台東、阿里山、高雄、屏東及澎湖進行恙蟲病病媒調查的結果相似，都是在恙蟲病流行的地區採獲較多數量的恙蟎。資料亦顯示，同樣為恙蟲病病例多的區域，有些鄉鎮恙蟎在各地普遍存在，例如花蓮縣；但在有些鄉鎮捕捉到的老鼠身上並無發現恙蟎寄生，例如台東縣台東市、卑南鄉和南投縣埔里鎮，顯示這些地區恙蟎應該集中於某些小塊區域；同

樣地，恙蟲病病例少的地區，有些縣市並無發現到老鼠身上有恙蟎寄生，例如宜蘭縣和苗栗縣，但在台南縣官田鄉、山上鄉，高雄縣旗山鎮和屏東縣高樹鄉則有採集到些許恙蟎。這些資料顯示全台各地區的恙蟎分佈狀況有相當程度的差異，同樣為恙蟲病病例多的區域，台東縣可能因為恙蟎多集中在某些地區，因此會較恙蟎普遍大量分佈的花蓮縣要來得容易防治。同樣為恙蟲病病例少的地區，相較於宜蘭和苗栗縣，台南縣、高雄縣、屏東縣則必須注意恙蟎是否會有大量發生的可能。

簡單迴歸分析經常被用於得知病例數和一些氣候、環境因子是否有顯著關聯，然而若未詳細檢視分析的資料是否符合使用的前提，可能容易導致錯誤的結論。比較簡單迴歸和 SARIMA 模式（季節性整合自我迴歸移動平均模型）分析金門縣和澎湖縣恙蟲病感染率和氣候因子的關係，即顯示了此點。除了能夠更準確得知病例和氣候因子之間的關係外，SARIMA 模式最大的優點在於能夠找出一些因子來預測未來病例的多寡，以協助傳染性疾病的預防(Hu *et al.*, 2004)。

不過 SARIMA 模式的建立除了必須有長時間的病歷資料外，往往也會受到其他因素所影響，例如民國 90 至 93 年金門縣恙蟲病病例明顯較其他年份少許多(圖四)，然而無法確認這是受到氣候因子所影響，或是其他人為因素，例如刻意低報，所造成；另外，金門縣的軍隊人數無法確切得知，

且自民國 90 年開放設籍金門縣的居民可由小三通方案進出廈門後，設籍金門縣的人數即大量增加，但無法確切得知增加的民眾是否長期居留於金門縣，這項不確定因素因此會造成計算恙蟲病感染率時的誤差，也可能因此影響了 SARIMA 模式應用於金門縣的準確性。

澎湖縣則由於 SARIMA 模式顯示鄰近月份間的恙蟲病感染率並無相關性，因此無法像金門縣一樣預測未來的病例數，這或許是由於澎湖縣的恙蟲病病例數在近年來快速增加，而非呈現穩定的變動，代表過去的狀況並無法反應未來的走向，而導致 SARIMA 模式無法利用過去的資料來進行未來病例數的預測。不過 SARIMA 模式分析澎湖縣恙蟲病感染率和氣候因子的關係，發現總雨量和下個月份的恙蟲病感染率有相當明顯的關係，亦即當雨量增加時，隔月份的恙蟲病感染率通常會較去年同時期增加，雖然無法確切預測病例數會增加多少，但民眾可因此提早得知加以因應。

王(2004)在花蓮縣南部的富里鄉、玉里鎮和瑞穗鄉的調查顯示該地區老鼠的帶蟎率、恙蟎指數和恙蟲病抗體陽性率均相當高，恙蟎的主要寄主為小黃腹鼠(*Rattus losea*)和鬼鼠(*Bandicota indica*)，恙蟎種類則以地里恙蟎(*Leptotrombidium deliense*)為主(66.28%)。本計畫亦顯示花蓮縣北部的吉安鄉、壽豐鄉和鳳林鎮，老鼠的帶蟎率、恙蟎指數和恙蟲病抗體陽性率亦相當高，代表花蓮縣大部分地區，恙蟎和恙蟲病相當盛行。

不過在吉安鄉、壽豐鄉和鳳林鎮，除了小黃腹鼠和鬼鼠為恙蟎的主要寄主外，赤背條鼠(*Apodemus agrarius*)也是恙蟎的主要寄生對象之一，且赤背條鼠的帶蟎率和抗體陽性率亦相當高。過去普遍認為家鼠屬(*Rattus*)為恙蟎最主要寄主(Harrison and Audy, 1951；Traub and Wisseman, 1974a)，不過其他屬的鼠種也可能是恙蟎相當重要的寄主，例如在日本京都地區以日本田鼠(*Microtus montebelli*)為主(Takahashi *et al.*, 2004)，在台灣，鬼鼠也是恙蟎相當重要的寄主。不過相較於在台灣各地經常出現的小黃腹鼠和鬼鼠，赤背條鼠在台灣的分佈較為侷限，過去在桃園至屏東地區有零星出現，關渡也有一些數量存在，台灣東部至目前為止已知多分佈在花蓮北部壽豐鄉、鳳林鎮一帶(李，2001；朱，2001)，因此赤背條鼠對於恙蟲病的流行影響可能僅侷限於某些區域，但這亦顯示各個地區恙蟎的主要宿主可能不盡相同，單純控制小黃腹鼠和鬼鼠數量可能無法進行全面性的恙蟲病防治。

另外在中海拔地區，雖然小黃腹鼠和鬼鼠並不存在，不過刺鼠(*Niviventer coxingi*)可能是恙蟎的重要寄主，另外高山地區不難發現的高山田鼠(*M. kikuchii*)也發現帶有恙蟎(未發表資料)。雖然過去由於山區人口稀少，當地恙蟲病的流行情況較不受重視，恙蟎和動物宿主的調查也因此付之闕如，不過近年來許多恙蟲病病例出現在山區，台灣的山區是否流行著異於平地的恙蟎、鼠類和恙蟲病立克次體菌株間的循環，值得進一步研究。

除了恙蟎宿主有差異外，相對於金門和花蓮南部地區以地里恙蟎為最主要的恙蟎種類 (王, 2004)，英帕恙蟎(*L. imphalum*)則是花蓮北部最常見的恙蟎。地里恙蟎廣泛分布於東南亞地區、南太平洋群島和中國部份地區，過去經常被認為是造成這些區域恙蟲病流行的最主要恙蟎種類(Kawamura *et al.*, 1995)；相對地，英帕恙蟎大量發生的區域較少被紀錄，例如泰國即是以英帕恙蟎最常被發現(Coleman *et al.*, 2003)。英帕恙蟎在花蓮許多種類老鼠和食蟲目動物身上都有發現，而宿主廣泛的恙蟎種類往往也會叮咬人類；另外在中國雲南省，英帕恙蟎也被推測為當地傳播恙蟲病的主要病媒(黎等, 1997)。因此英帕恙蟎可能為花蓮北部最主要的恙蟲病病媒，不過是否確實如此，還需要進一步實驗才能確認。

最近幾年來，外來種入侵對於環境所造成的影響，相當受到關注，然而有關外來的動物宿主對於人類疾病傳播的影響所知甚少。例如原產自南美洲的福壽螺(*Pomacea canaliculata*)在引進台灣和大陸作為食材之後，快速在野外存活，並擴散到大陸 10 個省份，且成為廣東住血線蟲(*Angiostrongylus cantonensis*) 最主要的中間宿主，並導致數次人類廣東住血線蟲症 (angiostrongyliasis) 的流行(Wang, 2007)。緬甸小鼠(*R. exulans*)於近十年來才在花蓮被發現(Motokawa *et al.*, 2001)，推論應是當地紙漿廠從東南亞進口原木時意外挾帶進入台灣，不過現今緬甸小鼠在花蓮吉安鄉和壽豐鄉北部

數量相當多(吳，2003；個人觀察)。民國 91 年本所於國內重要商港、漁港和港區的調查顯示，花蓮新入侵的緬甸小鼠和銀腹鼠(*R. argentiventer*)帶有不低的漢他病毒抗體陽性率(分別為 17.74%和 33.33%)(王，2004)。

由於在其他國家恙蟎會寄生於緬甸小鼠和銀腹鼠，因此有必要了解這兩種鼠類入侵台灣對於恙蟲病的影響。例如泰國的調查顯示銀腹鼠具有相當高的帶蟎率(91.3%)，且恙蟎指數(78.0)位居當地小獸類第三名，緬甸小鼠則有較低的帶蟎率(54.1%)和恙蟎指數(9.5)(Coleman *et al.*, 2003)。銀腹鼠在馬來西亞為地里恙蟎重要宿主(Roberts *et al.*, 1977)，印尼的緬甸小鼠亦發現帶有恙蟎(Hadi *et al.*, 1980)。本研究則顯示緬甸小鼠的抗體陽性率雖然並不低，但寄生的恙蟎數量並不多，因此近期內該鼠種的入侵應當不會大量增加當地恙蟎的族群數量，銀腹鼠則是由於數量相當稀少，對於恙蟲病的影響還相當有限。不過也是外來種的鬼鼠現在已經成為台灣恙蟎的重要寄主之一，因此未來緬甸小鼠是否會逐漸成為恙蟎的重要寄主，相當值得關注。但在目前在緬甸小鼠身上也發現到其他鼠種很少寄生的背展恙蟎屬恙蟲，且在某些緬甸小鼠個體上相當多，該屬恙蟲是否特別偏好緬甸小鼠，或甚至是隨著緬甸小鼠入侵才進入台灣的，還有其對於人類感染恙蟲病的影響，需要進一步密切觀察。

過去日本、南韓、中國大陸、泰國與馬來西亞等國還有台灣，對於恙

蟲病感染率和恙蟎的數量變化多著重在季節性的影響上(如 Dirk Van Peenen *et al.*, 1976 ; Olson and Scheer, 1978 ; Uchikawa *et al.*, 1994 ; Chang, 1995 ; Kawamura *et al.*, 1995 ; 黎等, 1997 ; Frances *et al.*, 1999), 對於恙蟎在不同地區間是否變化的研究則相當稀少。本研究比較了 3 種環境類型的恙蟎指數, 不過並未發現差異; 恙蟎指數的多寡也和多數測量的環境因子沒有顯著關聯。這或許代表英帕恙蟎對於環境並無特別的偏好, 不過也有可能是由於利用赤背條鼠寄生恙蟎數量來進行比較所導致的偏差。由於外寄生蟲的數量也會受到宿主本身免疫力和活動微環境的影響(Combes, 2004), 因此相對於直接在各種環境採集游離恙蟎並加以比較, 利用寄生恙蟎數量較無法完全反應環境的一般狀況, 也通常需要調查較多的樣區才能看出差異。不過直接採集游離恙蟎必須控制採集時刻、季節、溫、濕度對於恙蟎活動的影響, 且在多數地點不容易採集到游離恙蟎, 因此本研究選擇利用鼠類身上的恙蟎數量來代表。

然而我們還是發現, 樣區近期內是否經歷過翻耕、淹水等干擾, 會明顯影響當地恙蟎的數量, 有過干擾的樣區, 恙蟎數量顯著較少。Muul 等人(1977)在馬來西亞比較四種環境恙蟲病感染率差異, 發現人類干擾最多的環境, 恙蟲病感染率最低, 這或許是當地恙蟎較少所致。Kawamura *et al.* (1995)也曾提到在日本本州北部縣份, 一些河岸邊恙蟲病盛行的區域, 恙蟎在季

節性河水氾濫後減少許多，顯示恙蟎相當容易受到環境干擾而大量減少。然而干擾為何會減少恙蟎數量，是否因為干擾直接導致恙蟎死亡，或者間接受到當地土壤溫、濕度，或節肢動物數量的改變所影響，則需要進一步研究才能得知結果。

另外，本計畫於花蓮所調查的干擾地通常是屬於農民翻耕休耕地，少部分則是當地居民收割牧草，清除地上雜草，或者該地曾經淹水。由於除了農民翻耕休耕地的調查地點較多外，其他種方式干擾的樣點較少，因此無法得知是否所有類型干擾均能大量減少恙蟎數量，以找出最不耗費人力、金錢、和時間的干擾方式，來作為未來降低恙蟎數量的方法。不過，台灣為了降低加入 WTO 之後，本國農民面對國外農產品傾銷的衝擊，鼓勵農民休耕，台灣每年休耕的面積因此持續增加，水田轉成荒廢旱地後會增加恙蟲滋生的機會，現行政策獎勵休耕的農田每半年翻耕一次以減少蟲害和鼠害對於鄰近農田的影響，如此應當可同時降低恙蟲病發生機率，為了預防未來獎勵翻耕的政策可能遭到廢止，導致恙蟲病病例擴散和增加，本局可以提供防疫的觀點供農業單位參考。

伍、結論與建議

1. 民國 87 至 95 年台灣本島高恙蟲病感染率地區多集中於東部鄉鎮和山區，配合環境因子和恙蟲病感染率的關係，與在花蓮縣的恙蟎調查，推測人為干擾少可能為恙蟲病例特別集中於這些區域的原因。溫度和恙蟲病感染率明顯成負相關的可能原因為溫度低處同時也是人為干擾少的山區，釐清這現象的可能原因需要縮小分析的單位至村里，或找尋其他可代表人為干擾程度的指標來進行分析。
2. 高雄市鼓山區、左營區、三民區和新興區雖位於人口密集都會區，但恙蟲病病例不少，推測可能原因為該區域鄰近長期受到管制，人為干擾不嚴重的壽山，未來在當地和鄰近地區進行恙蟎調查將可驗證高雄市的病例是否與壽山有密切的關聯。
3. 台灣全省的恙蟎調查顯示恙蟲病流行與否和該地恙蟎數量應該有相當程度的關係，但同樣為恙蟲病流行地區，恙蟎的分佈卻可能不同，例如花蓮縣多普遍分布，但台東縣台東市週遭則可能呈現點狀分布，找出這些感染恙蟲病的熱點加以防治，當可有效率地減少當地民眾感染率。
4. 若未能考量使用傳統的簡單迴歸(simple regression)所須符合的前提，往往會得出相當錯誤的結論，而 SARIMA 模式(季節性整合自我迴歸移動

平均模型)能夠解決，分析時間序列資料時所遭遇的問題。

5. SARIMA 模式顯示金門縣恙蟲病感染率受到 1 個月和 1 年前恙蟲病感染率，和 2 個月前的平均最高溫所影響，可因此用以推估金門縣未來恙蟲病病例數。
6. 雖然 SARIMA 模式無法預測澎湖縣未來恙蟲病病例數，不過由於澎湖縣恙蟲病感染率和 1 個月前雨量有相當顯著的關聯，可因此事先提出預警。
7. 台灣中海拔山區鼠種多帶有恙蟎，近年來許多恙蟲病病例出現在山區，台灣的山區是否流行著異於平地的恙蟎、鼠類和恙蟲病立克次體菌株間的循環，值得進一步研究。
8. 花蓮縣吉安鄉、壽豐鄉和鳳林鎮恙蟎的主要宿主除了小黃腹鼠和鬼鼠外，赤背條鼠也是該區域恙蟎相當重要的寄主之一，且這三種主要宿主的恙蟎指數、帶蟎率和血清抗體陽性率均相當高，當地民眾應該隨時留意感染恙蟲病的可能性。
9. 緬甸小鼠雖然在吉安鄉和壽豐鄉北部大量出現，但由於其恙蟎指數並不高，應該非為恙蟎的適當寄主，因此近期內應該不會顯著增加當地恙蟎數量。但緬甸小鼠帶有當地其他鼠種少見的恙蟎種類，必須密切注意其可能導致的影響。

10. 花蓮縣恙蟎和棲地調查顯示恙蟎數量和大部分環境因子無明顯關係，但農民翻耕會大量降低恙蟎數量，建議農政單位應維持休耕地半年翻耕一次的政策，以減少當地恙蟲病的感染率。

陸、計畫重要研究成果及具體建議

1. 台灣本島高恙蟲病感染率地區多集中於東部鄉鎮和山區，但高雄市鼓山區、左營區、三民區和新興區的恙蟲病病例不少，未來調查壽山及鄰近地區的恙蟎數量當有助於驗證人為干擾少的壽山是否為高雄市恙蟲病經常發生的來源，及教育當地登山民眾以降低恙蟲病病例。
2. 某些地區雖然每年經常有恙蟲病病例發生，但多數病例可能發生於某幾個特地地點，例如台東市現地調查並未發現恙蟎，市區週遭也多種植釋迦，環境並不適合鼠類生存，未來若能於該區進行更為詳細的調查，並配合詳盡的疫情調查資料，或可找出少數重要熱點，以進行更有效率的防治。
3. SARIMA 模式(季節性整合自我迴歸移動平均模式)能夠解決，分析時間序列資料時所經常遭遇的問題，並加以預測未來狀況，且坊間已經販售有相當容易操作的統計軟體(例如 SPSS)，可多使用於病例數的分析上。
4. 澎湖縣的分析顯示雨量會影響之後恙蟲病病例數，因此建議下大雨後，提醒民眾防範恙蟲病的增加。
5. 台灣山區可能流行著不同於平地的恙蟎、鼠類和恙蟲病立克次體菌株間

的循環，有必要加以研究以評估其對於山區居民健康的影響。

6. 花蓮縣吉安鄉、壽豐鄉和鳳林鎮恙蟎數量相當多，且主要鼠類宿主的血清抗體陽性率亦相當高，當地民眾應盡量避免進入草叢，尤其是久未翻耕或整理的廢耕地。
7. 農政單位的翻耕補貼政策可能可同時降低恙蟎數量，本局可提供相關的研究供農政單位參考。

柒、參考文獻

王愷。1988。從台灣地區的恙蟲病談起。台灣醫界 31: 79-85.

王錫杰。2004。台灣地區恙蟲病及漢他病毒出血熱流行病學。鼠類危害及防除技術研討會專刊 93-111.

王錫杰，鍾兆麟，林鼎翔，王重雄，吳文哲。2004。金門縣鼠類恙蟲病病媒與病原體調查研究。台灣昆蟲 24(4)：257-272。

朱惠菁。2001。花蓮地區月鼠與赤背條鼠之棲地利用研究。國立東華大學資然資源管理研究所碩士論文。57 頁。

李宜娟。2001。關渡草澤地共域小獸類的棲地利用。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。63 頁。

林鼎翔。1999。台灣地區恙蟲病病媒之生態與分布。第二屆蝨蟎學研討會專刊。

吳逸華。2003。外來種緬甸小鼠於兩種尺度中的棲地利用。國立東華大學資然資源管理研究所碩士論文。

黎家燦、王敦清、陳興保。1997。中國恙蟎：恙蟲病媒介和病原體。廣東

科技出版社，廣州。570 頁。

Adler GH. Habitat relations within lowland grassland rodent communities in Taiwan. *J Zool* 1995; 237: 563-576.

Afrane YA, Bernard W, Lawson AK, Githeko GY. Effects of microclimatic changes caused by land use and land cover on duration of gonotrophic cycles of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) in western Kenya highlands. *J Med Entomol* 2005; 42: 974–980.

Allan B F, Keesing F, Ostfeld RS. Effect of forest fragmentation on Lyme disease risk. *Conservation Biol* 2003; 17: 267-272.

Allard R. Use of time-series analysis in infectious disease surveillance. *Bull WHO* 1998; 76: 327-333.

Aron JL, Shiff CJ, Buck AA. Malaria and global ecosystem change. Pages 353-378 in J. L. Aron. and J. A. Patz, editors. 2001, *Ecosystem Change and Public Health*. The John Hopkins University Press, Baltimore and London.

Blake FG, Maxcy KF, Sadusk JR, Sadusk JF, Colonel Jr. MC, Kohls GM, Bell EJ. Studies on tsutsugamushi disease (scrub typhus, mite-borne typhus) in New Guinea and adjacent islands: epidemiology, clinical observations and etiology in the Dobadura area. *Am J Hyg* 1945; 41: 243-373.

Chang WH. Current status of tsutsugamushi disease in Korea. *J Korean Med Sci* 1995; 10:227-38.

Coleman RE, Monkanna T, Linthicum KJ, Strickman DA, Frances SP, Tanskul P,

- Kollars TM, Inlao I, Watcharapichat P, Khlaimanee N, Phulsuksombati D, Sangjun N, Lerdtusnee K. Occurrence of *Orientia tsutsugamushi* in small mammals from Thailand. *Am J Trop Med Hyg* 2003; 69: 519-524.
- Combes C. 2004. Parasitism: the ecology and evolution of intimate interactions. University of Chicago press.
- Cooper WC, Lien JC, Hsu SH, Chen WF. Scrub typhus in the Pescadore Islands: an epidemiologic and clinical study. *Am J Trop Med Hyg* 1964; 13: 833-838.
- Daszak P, Plowright R, Epstein JH, Pulliam J, Abdul Rahman S, Field HE, Jamalludin A, Johara MY, Smith CS, Olival KJ, Luby S, Halpin K, Hyatt KD, Cunningham AA. The emergence of Nipah and Hendra virus: pathogen dynamics across a wildlife-livestock-human continuum. Pp. 186-201, in “Collinge, S. K. and C. Ray (eds.)” 2006; *Disease Ecology: Community Structure and Pathogen Dynamics*. Oxford University Press.
- Dirk Van Peenen, PF, Lien JC, Santana FJ, See R. Correlation of chigger abundance with temperature at a hyperendemic focus of scrub typhus. *J Parasitol* 1976; 62: 653-654.
- Frances SP, Watcharapichat P, Phulsuksombati D, Tanskul P, Linthicum KJ. Seasonal occurrence of *Leptotrombidium deliense* (Acari: Trombiculidae) attached to sentinel rodents in an orchard near Bangkok, Thailand. *J Med Entomol* 1999; 36:869-74.
- Gentry JW, Yueh CS, Wah PO. Preliminary observations on *Leptotrombidium* (*Leptotrombidium*) *akamushi* and *Leptotrombidium* (*Leptotrombidium*)

- deliensis* in their natural habitat in Malaysia: (Acarina: Trombiculidae). *Am J Hyg* 1963; 78: 181-190.
- Gentry JW, Phang OW, Manikumar C. The effects of rainfall on trombiculid (Acarina: Trombiculidae) larval populations in peninsular Malaysia. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1977; 8: 217-220.
- Graczyk TK. Zoonotic infections and conservation. Pp. 220-228. In “Aguirre, A. A., R. S. Ostfeld, G. M. Tabor, C. House. and M. C. Pearl (eds.)”. 2002; *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice*. Oxford University Press.
- Hadi, TR, Nalim, S, Sukaeri, S, Dennis, D. T. Scrub typhus survey of Biak and Owi islands: ectoparasites of small mammals and rickettsial isolations. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1980;11:220-6.
- Hahn BH, Shaw GM, De Cock KM, Sharp PM. AIDS as a zoonosis: scientific and public health implications. *Science* 2000; 287:607-614.
- Harrison JL, Audy JR. Hosts of the mite vector of scrub typhus II.-an analysis of the list of recorded hosts. *Ann Trop Med Parasitol* 1951; 45:186-94.
- Hasegawa H, Otsuru M, Fuji T, Toma H, Sato Y. Surveys on vector mites of tsutsugamushi disease in Taiwan and the Ryukyu Islands. *Jap J San Zool* 1990; 41: 235-246.
- Hatori J. On the endemic tsutsugamushi disease of Formosa. *Ann Trop Med Parasitol* 1919; 13: 233-258.
- Hu W, Nicholls N, Lindsay M, Dale P, McMichael AJ, Mackenzie JS, Tong S.

- Development of a predictive model for Ross river virus disease in Brisbane, Australia. *Am J Trop Med Hyg* 2004; 71: 129-137.
- Johnson JB, Omland KS. Model selection in ecology and evolution. *Trends Ecol Evol* 2004; 19: 101-108.
- Kawamura A, Tanaka H, Takamura A. 1995; *Tsutsugamushi Disease: an Overview*. University of Tokyo Press. Tokyo, Japan.
- Kovats RS, Bouma MJ, Hajat S, Worrall E, Haines A. El Nino and health. *Lancet* 2003; 362: 1481-1489.
- Kuiken T, Fouchier R, Rimmelzwaan G, Osterhaus A. Emerging viral infections in a rapidly changing world. *Curr Opin Biotechnol* 2003; 14: 641-646.
- Lee PF, Ding TS, Geng S, Hsu FH. Breeding bird species richness on gradients of elevation, primary productivity and human disturbance in Taiwan. *J Biogeogr* 2004; 31:307-314.
- Leroy EM, Rouquet P, Formenty P, Souquiere S, Kilbourne A, Froment JM, Bermejo M, Smit S, Karesh W, Swanepoel R, Zaki SR, Rollin PE. Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Sci* 2004; 303: 387-390.
- Lien JC, Liu SY, Lin HM. Field observation on the bionomics of *Leptotrombidium deliense*, the vector of scrub typhus in the Pescadores. *Acta Medica et Biologica* 1967; 15(Suppl): 27-31.
- Lien JC, Cheng CI, Lien SC. A team approach to a disease survey on an aboriginal island (Orchid Island, Taiwan) IV. Mosquitoes and chiggers on

- Lan-yu (Orchid Island), Taitung Hsien, Taiwan. *Chinese Journal of Microbiology* 1974; 7: 36-41.
- LoGiudice K, Ostfeld RS, Schmidt KA, Keesing F. The ecology of infectious disease: effects of host diversity and community composition on lyme disease risk. *PNAS* 2003; 21: 567-571.
- Motokawa M, Lu KH, Harada M, Lin LK. New records of the Polynesian rat *Rattus exulans* (Mammalia: Rodentia) from Taiwan and the Ryukyus. *Zool Studies* 2001; 40: 299-304.
- Muul I, Chai KS. Distribution of rats infected with *Rickettsia tsutsugamushi* (scrub typhus) in an edge habitat. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1978; 9:489-93.
- Muul I, Lim BL, Walker JS. Scrub typhus infection in rats in four habitats in Peninsular Malaysia. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1977; 71:493-7.
- Nadchatram M, Dohany AL. A pictorial key to the subfamilies, genera and subgenera of Southeast Asian chiggers (Acari: Prostigmata, Trombiculidae). *Bulletin of Institute of Medical Research of Malaysia* 1974; 16: 1-67.
- Naish S, Hu W, Nicholls N, Mackenzie JS, McMichael AJ, Dale P, Tong S. Weather variability, tides, and Barmah Forest virus disease in the Gladstone region, Australia. *Environ Health Perspect* 2006; 114: 678-683.
- Olson JG. Forecasting the onset of a scrub typhus epidemic in the Pescadores Islands of Taiwan using daily maximum temperatures. *Tropical and*

Geographic Medicine 1979; 31: 519-524.

Olson JG, Scheer EJ. Correlation of scrub typhus incidence with temperature in the Pescadores Island of Taiwan. *Ann Trop Med Parasitol* 1978; 72: 195-196.

Olson JG, Ho CM, Van Peenen PFD, Santana FJ. Isolation of *Rickettsia tsutsugamushi* from mammals and chiggers (Fam. Trombiculidae) in the Pescadores Islands, Taiwan. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1978; 72: 192-194.

Olson JG, Bourgeois AL, Fang RC. Population indices of chiggers (*Leptotrombidium deliense*) and incidence of scrub typhus in Chinese military personnel, Pescadores Islands of Taiwan, 1976-77. *Trans R Soc Trop Med Hy* 1982; 76: 85-88.

Ostfeld RS, Cepeda OM, Hazler KR, Miller MC. Ecology of Lyme-disease - habitat associations of ticks (*Ixodes scapularis*) in a rural landscape. *Ecol Appl* 1995; 5: 353-361.

Ostfeld RS, Jones CG, Wolff JO. Of mice and mast. *Biosci* 1996; 46: 323-330.

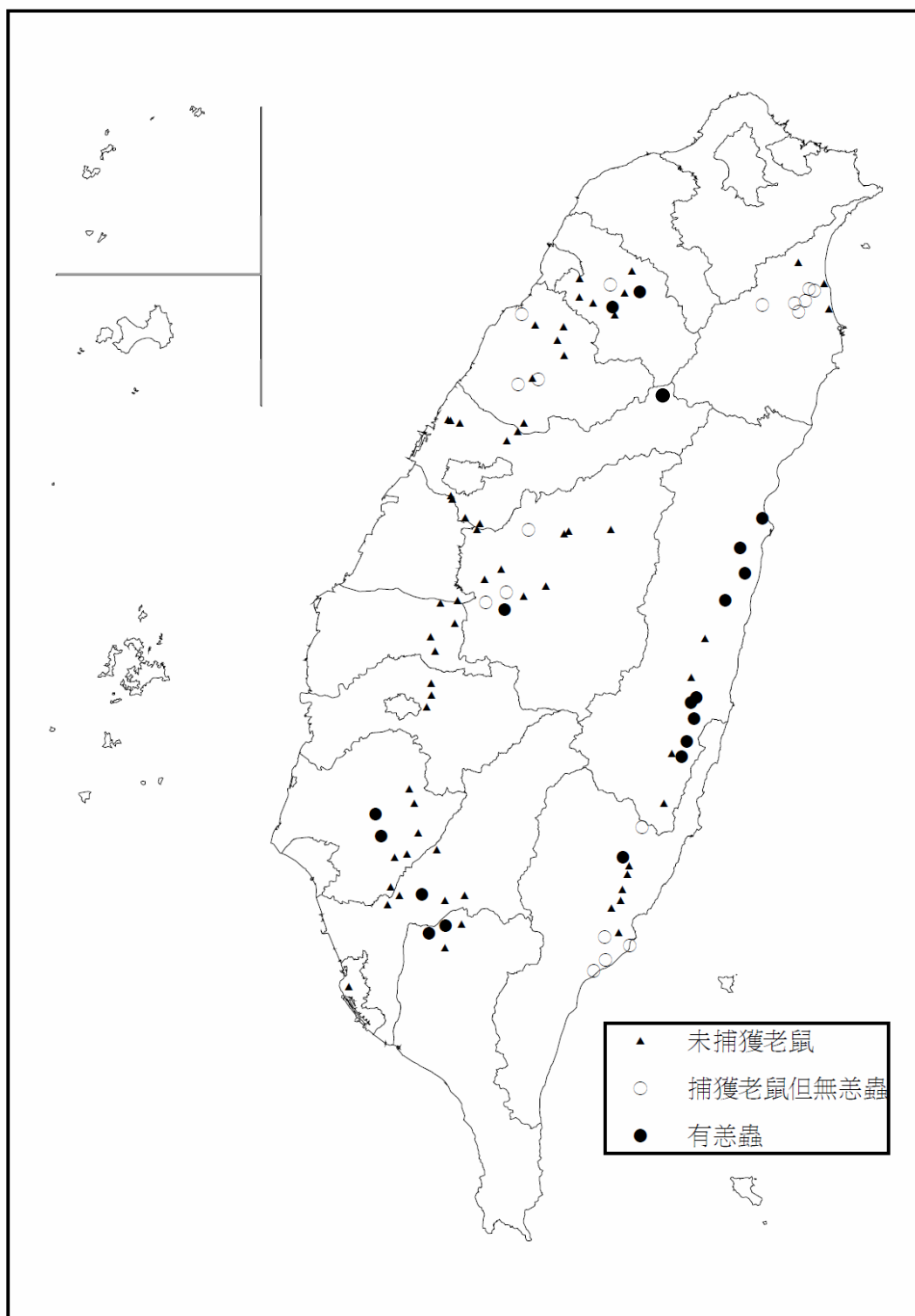
Ostfeld RS, Glass GE, Keesing F. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *Trends Ecol Evol* 2005; 20: 328-336.

Patz JA, Daszak P, Tabor GM, Aguirre AA, Pearl M, Epstein J, Wolfe ND, Kilpatrick AM, Fofopoulos J, Molyneux D, Bradley DJ. Unhealthy landscapes: policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 1092-1098.

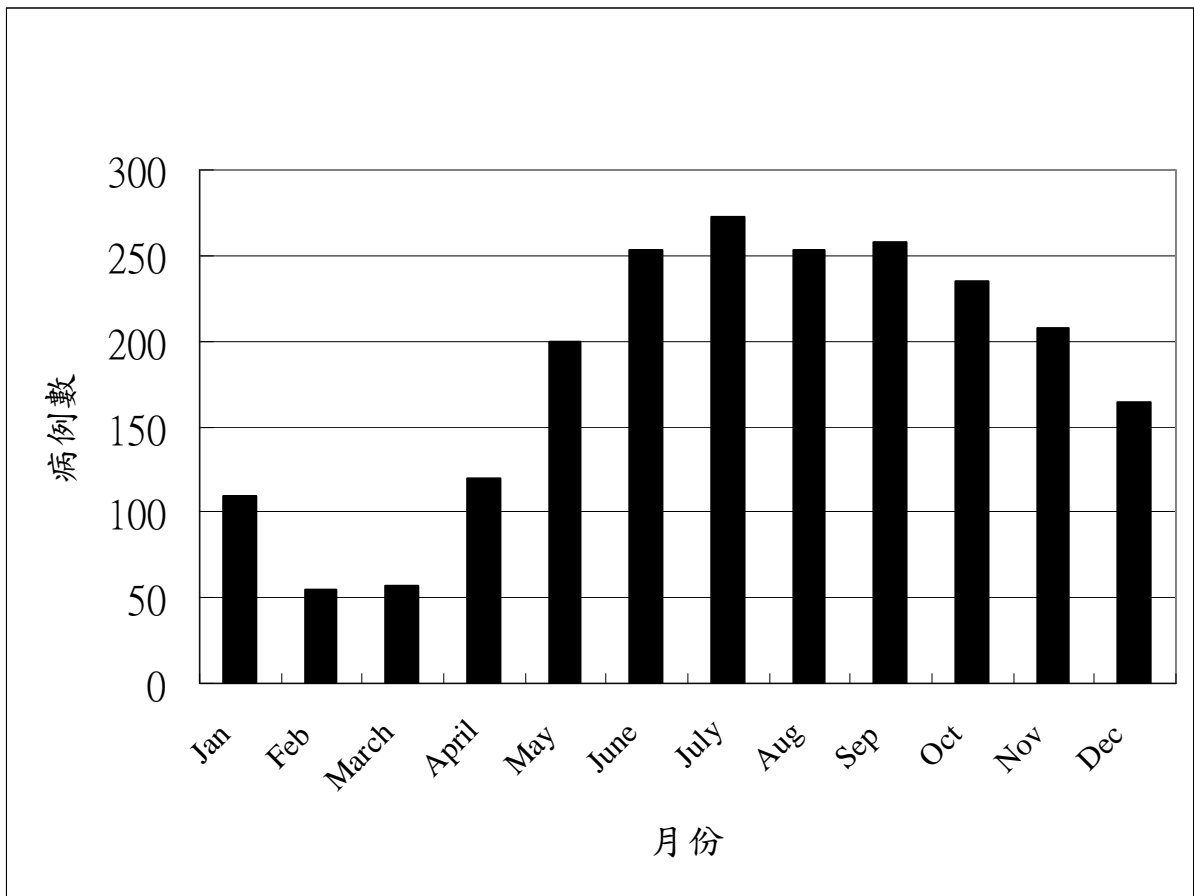
- Ree HI, Cho MK, Lee IY, Jeon SH. Comparative epidemiological studies on vector/reservoir animals of tsutsugamushi disease between high and low endemic areas in Korea. *Korean J Parasitol* 1995; 33:27-36.
- Roberts LW, Mull I, Robinson DM. Numbers of *Leptotrombidium* (*Leptotrombidium*) *deliense* (Acarina: trombiculidae) and prevalence of *Rickettsia tsutsugamushi* in adjacent habitats of peninsular Malaysia. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1977; 8:207-13.
- Song HJ, Kim KH, Kim SC, Hong SS, Ree HI. Population density of chigger mites, the vector of tsutsugamushi disease in Chollanam-do, Korea. *Korean J Parasitol* 1996; 34:27-33.
- Takahashi M, Misumi H, Urakami H, Nakajima S, Furui S, Yamamoto S, Furuya Y, Misumi M, Matsumoto I. Mite vectors (Acari: Trombiculidae) of scrub typhus in a new endemic area in northern Kyoto, Japan. *J Med Entomol* 2004; 41:107-14.
- Taylor LH, Latham SM, Woolhouse MEJ. Risk factors for human disease emergence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2001; 356: 983-9.
- Traub R, Jr. Wisseman CL. The ecology of chigger-borne rickettsiosis (scrub typhus). *J Med Entomol* 1974a; 11: 237-303.
- Traub R, Jr. Wisseman CL. Current concepts of the ecology of chigger-borne rickettsiosis (scrub typhus). *Japanese J Med Sci Biol* 1974b; 27: 1-5.
- Uchikawa K, Kawamori F, Kanda T, Kumada N. Trombiculid fauna and seasonal abundance of *Leptotrombidium scutellare* (Acari: Trombiculidae)

- in an endemic area of scrub typhus (Tsutsugamushi disease) in Yamakita town, Kanagawa prefecture, Japan. *J Med Entomol* 1994; 31: 844-849.
- Vercammen-Grandjean PH, Langston R. 1976; *The Chigger Mites of the World. Vol. III. Leptotrombidium complex. Sect. A-C.* George Williams Hooper Foundation, University of California, San Francisco, CA. 1-1061 pp.+ 298 pl.
- Walsh JF, Molyneux DH, Birley MH. Deforestation: effects on vector-borne disease. *Parasitol* 1993; 106 (supplement): 55-75.
- Wang DQ, Yu ZZ. Chigger mites of the genus *Leptotrombidium*: key to species and their distribution in China. *Med Vet Entomol* 1992; 6: 389-395.
- Wang QP, Chen XG, Lun ZR. Invasive freshwater snail, China. *Emerg Infec Dis* 2007; 13: 1119-1120.
- Yates TL, Mills JN, Parmenter CA, Ksiazek TG, Parmenter RR, Castle JRC, Calisher CH, Nichol ST, Abbott KD, Young JC, Morrison ML, Beaty BJ, Dunnun JL, Baker RJ, Salazar-Bravo J, Peters CJ. The ecology and evolutionary history of an emergent disease: hantavirus pulmonary syndrome. *BioSci* 2002; 52: 989-998.
- Yu HT. Distribution and abundance of small mammals along a subtropical elevational gradient in central Taiwan. *J Zool* 1994; 234: 577-600

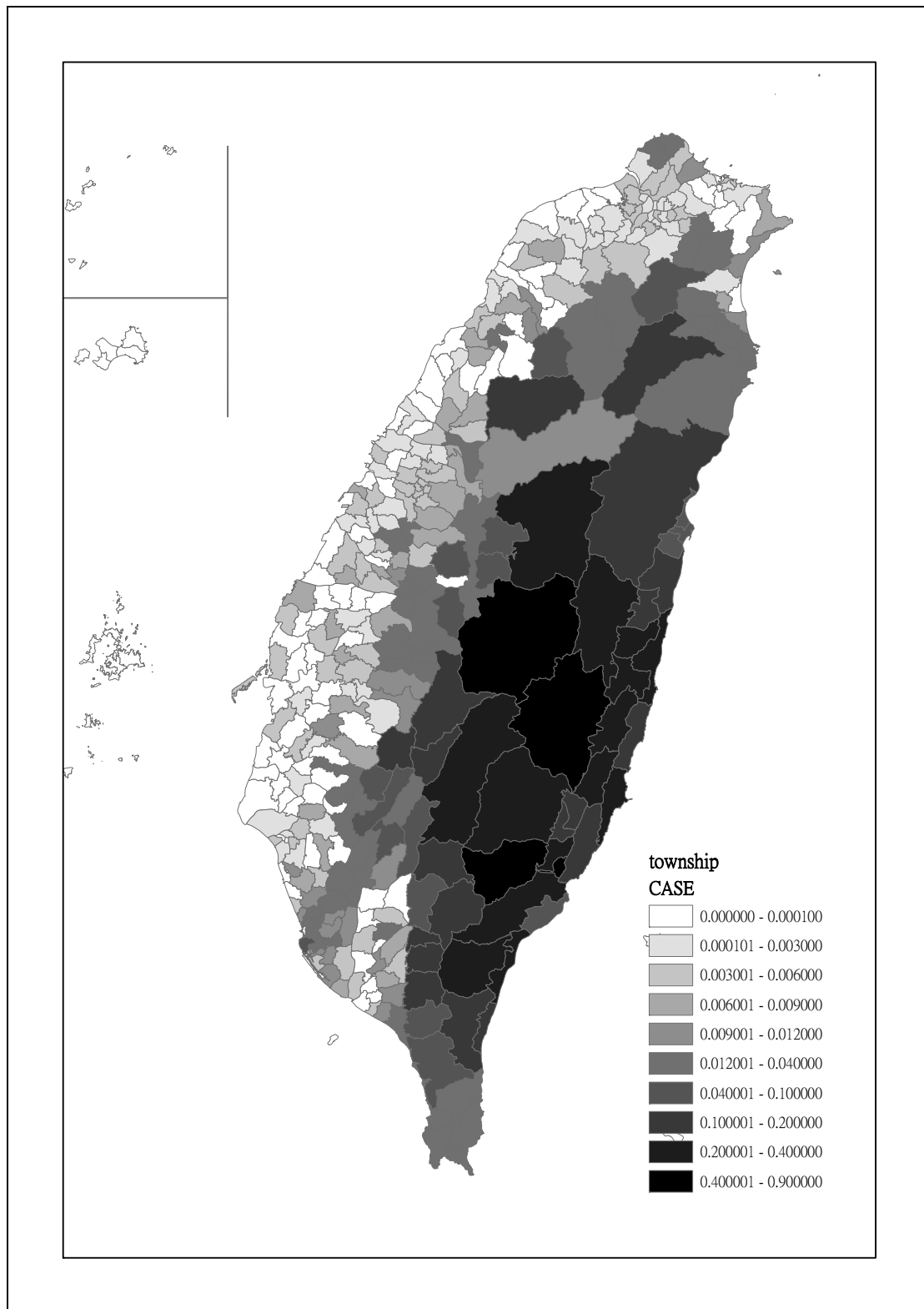
捌、圖



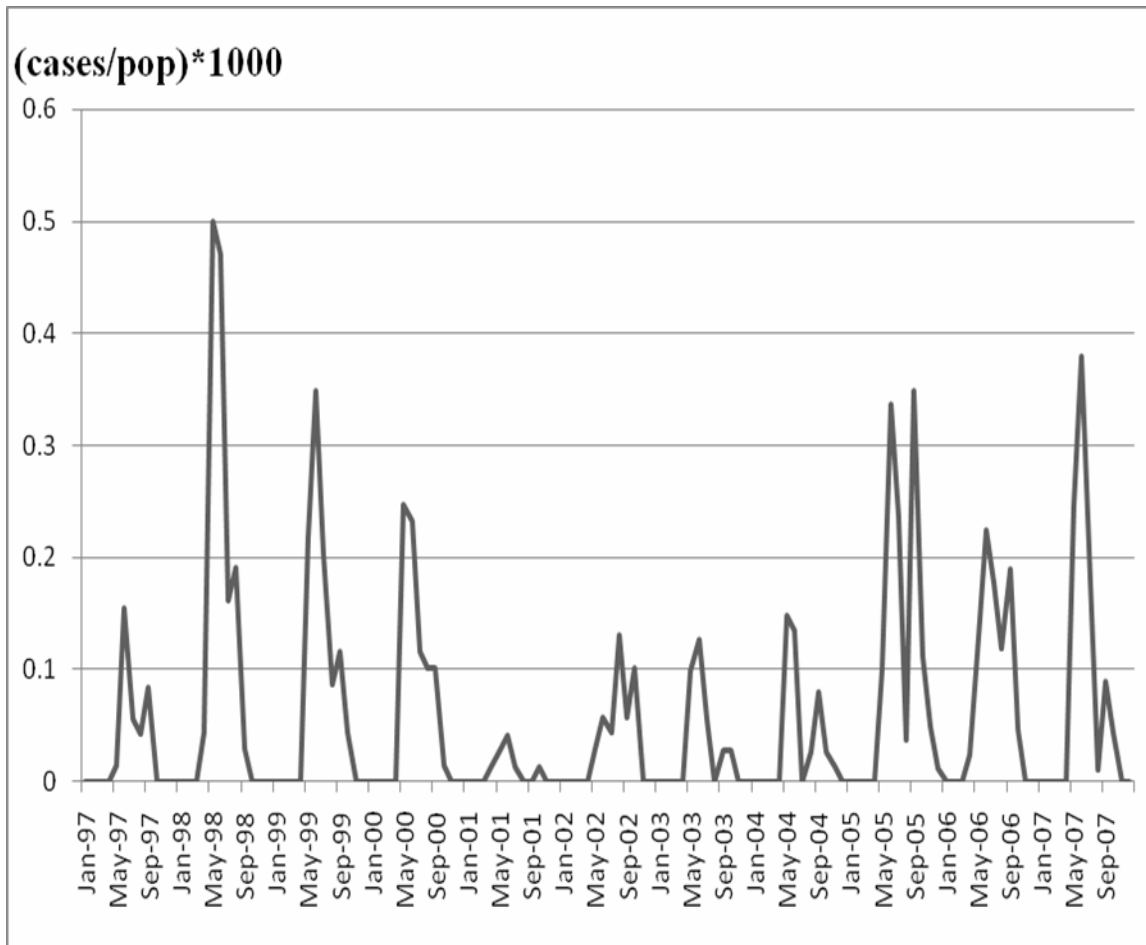
圖一、民國 96 至 97 年台灣本島鼠類捕捉與恙蟲採集地點及捕捉調查結果。



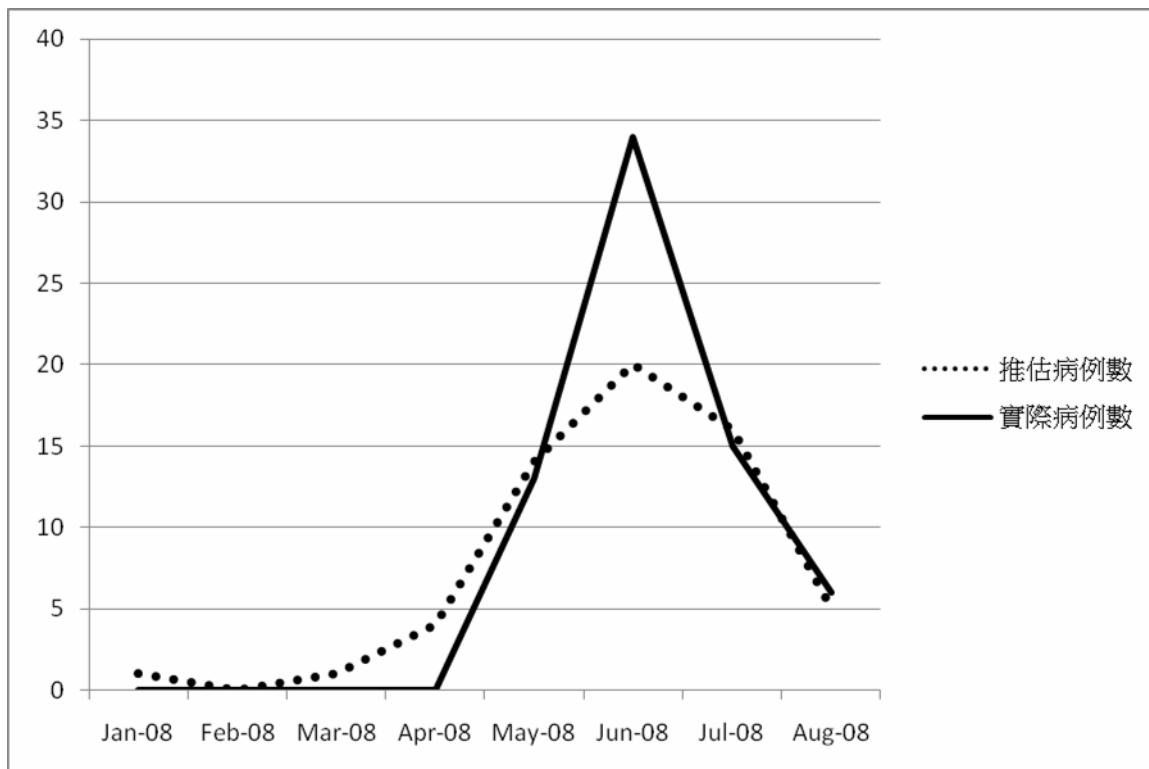
圖二、民國 87 至 95 年台灣本島每月感染恙蟲病總病例數。



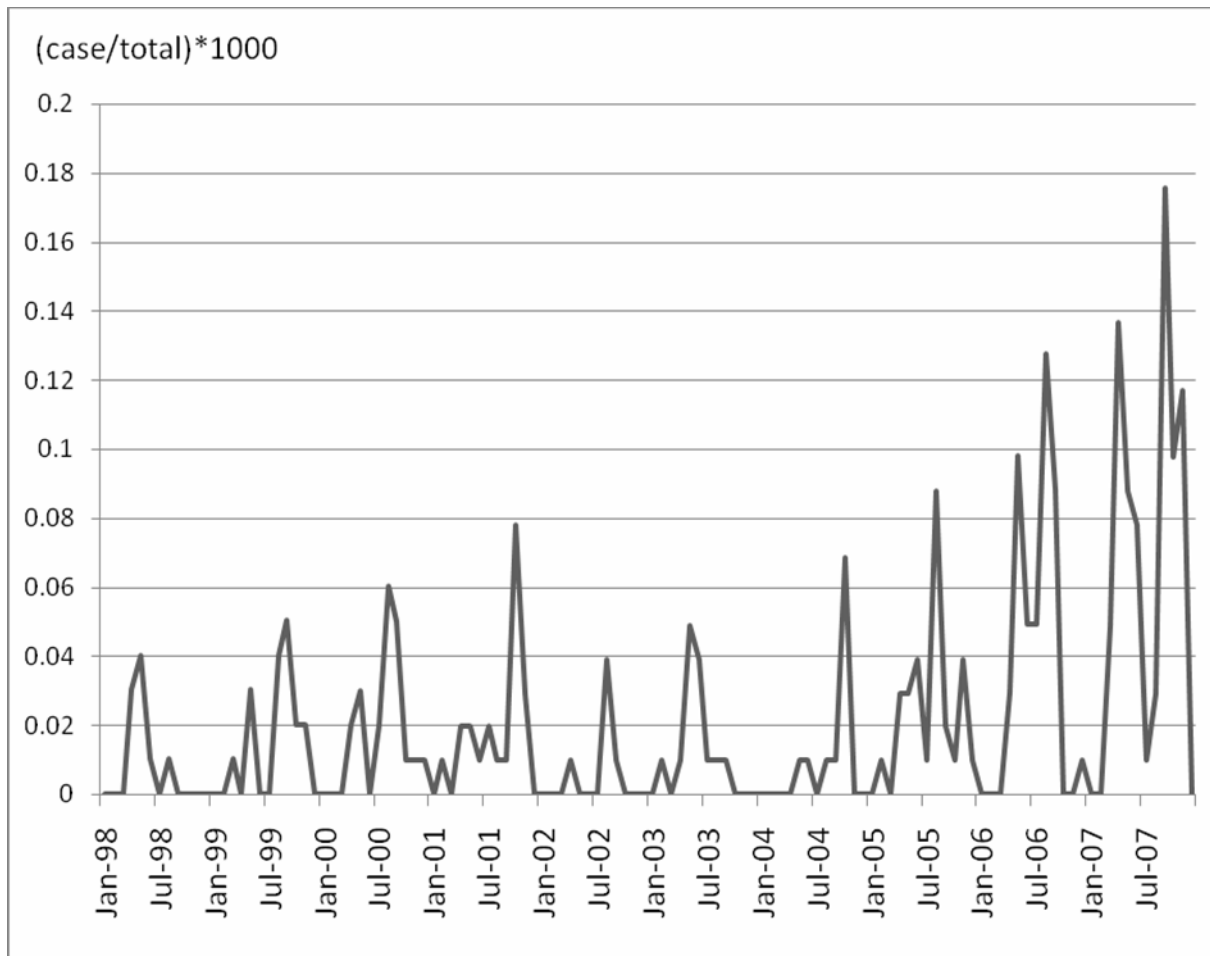
圖三：民國 87 至 95 年台灣本島各鄉鎮每年每千人平均感染恙蟲病病例分布圖。



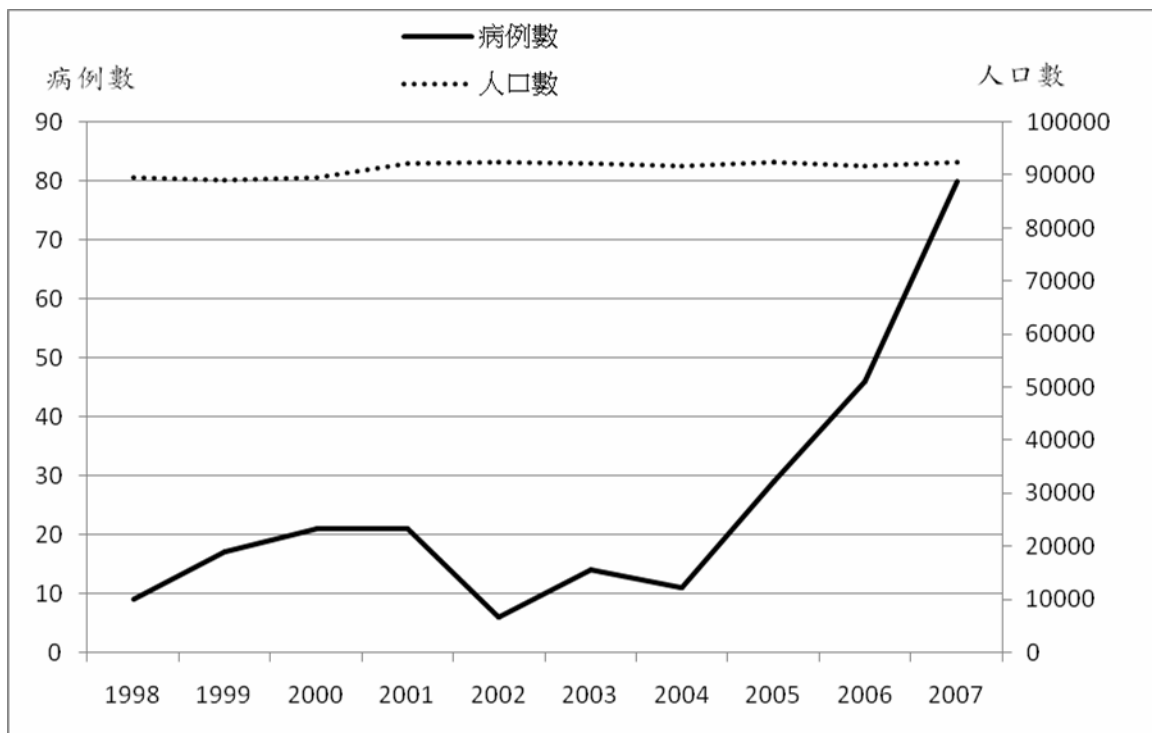
圖四、民國 86 年 1 月至 96 年 12 月金門縣每千人感染恙蟲病病例數變化。



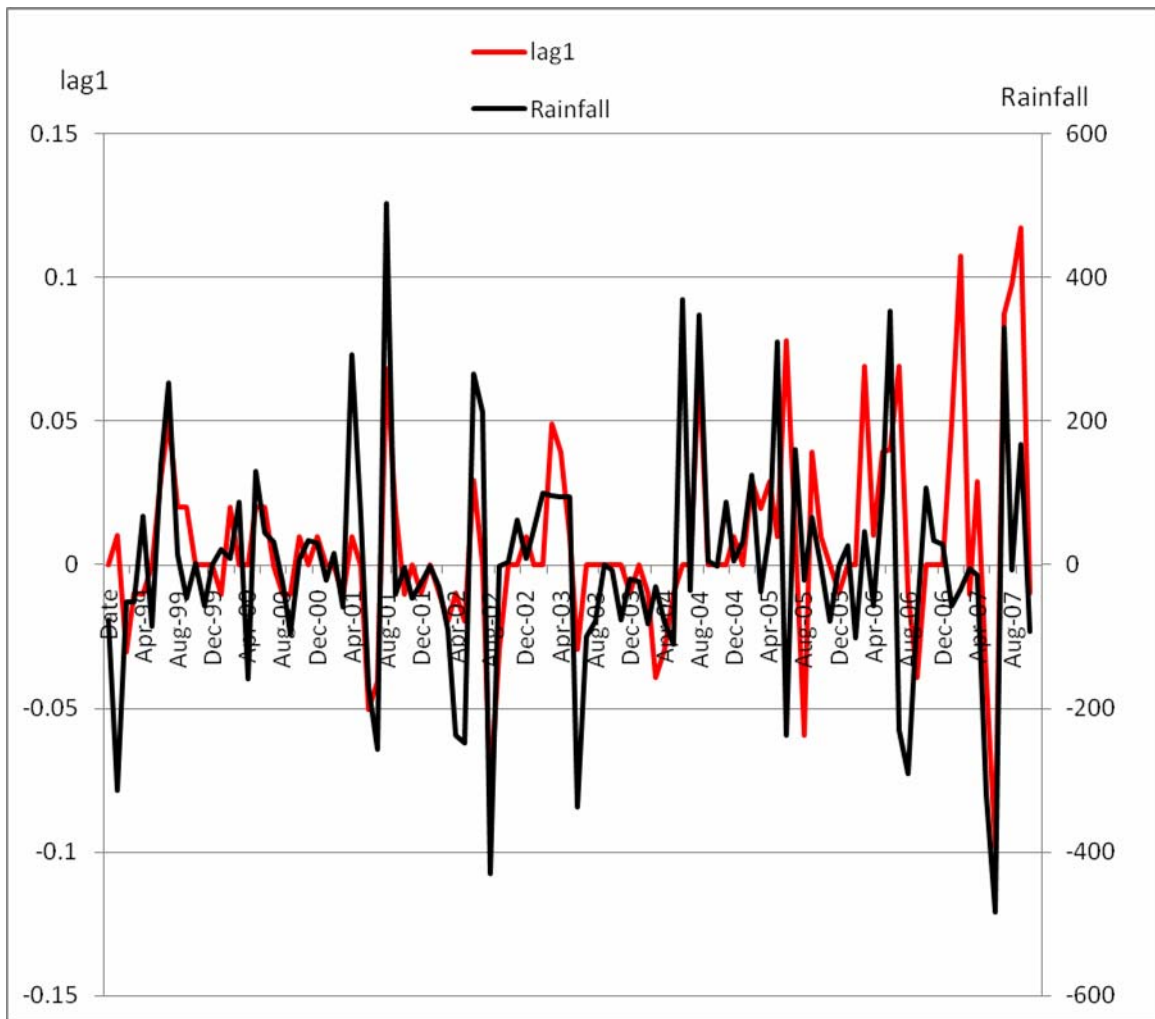
圖五、利用 SARIMA 模式推測民國 97 年 1 至 8 月金門地區恙蟲病病例數，與實際病例數比較。



圖六、民國 87 年 1 月至 96 年 12 月澎湖縣每千人感染恙蟲病病例數變化。



圖七、民國 87 年至 96 年澎湖縣每年感染恙蟲病病例數及總人口數變化。



圖八、民國 88 年至 96 年澎湖縣每月恙蟲病感染率及 1 個月前每月總雨量變化關係(以 12 個月差分之後所得之結果)。

玖、表

表一：民國 96 至 97 年 14 縣市，93 個鄉鎮，104 個地點(依過去恙蟲病例發生高低區分為流行區與非流行區)各種小獸類捕獲數量，帶蟎率和恙蟎指數(恙蟎總數/小獸類個體數)

種類	恙蟲病流行區			非恙蟲病流行區		
	隻數	帶蟎率	恙蟎指數	隻數	帶蟎率	恙蟎指數
家鼯鼠 (<i>Mus musculus</i>)	2	0	0	0	0	0
田鼯鼠 (<i>Mus caroli</i>)	20	0	0	8	0	0
赤背條鼠 (<i>Apodemus agrarius</i>)	1	100%	41	4	0	0
小黃腹鼠 (<i>Rattus losea</i>)	12	83.3%	357.3	18	21.1%	6.3
鬼鼠 (<i>Bandicota indica</i>)	11	72.7%	87.3	8	12.5%	7.6
森鼠 (<i>Apodemus semotus</i>)	0	0	0	18	33.3%	2.1
刺鼠 (<i>Niviventer coxingi</i>)	0	0	0	2	100%	140
高山白腹鼠 (<i>Niviventer culturatus</i>)	0	0	0	1	100%	8
錢鼠 (<i>Suncus murinus</i>)	6	0	0	2	0	0
灰鼯鼯 (<i>Crocidura attenuata</i>)	0	0	0	3	33.3%	5.3
短尾鼯 (<i>Anourosorex yamashinai</i>)	1	0	0	0	0	0

表二：民國86年1月至96年12月金門縣恙蟲病感染率與當月份(Lag0)和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係

	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	Lag6
平均溫	0.52***	0.332***	0.027	-0.287**	-0.287**	-0.517***	-0.613***
平均最高溫	0.511***	0.317***	0.014	-0.304***	-0.304***	-0.535***	-0.623***
平均最低溫	0.545***	0.339***	0.038	-0.268**	-0.268**	-0.498***	-0.6***
平均相對溼度	0.485***	0.504***	0.334***	0.173*	0.173*	-0.079	-0.365***
總雨量	0.336***	0.413***	0.219*	0.142	0.142	-0.048	-0.233**
總蒸發量	0.287**	0.094	-0.061	-0.319***	-0.319***	-0.497***	-0.504***
總雨量-總蒸發量	0.237**	0.37***	0.229**	0.233**	0.233**	0.104	-0.071

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$

表三：民國86年1月至96年12月金門縣恙蟲病感染率與當月份(Lag0)和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係(進行差分後之結果，詳見方法)

	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	Lag6
平均溫	0.115	0.078	-0.043	-0.077	-0.104	-0.155	-0.029
平均最高溫	0.072	-0.072	-0.162	-0.211*	-0.245**	-0.189*	0.005
平均最低溫	0.189*	0.07	0.036	0.005	-0.017	-0.046	-0.013
平均相對溼度	0.116	0.19*	0.031	0.081	0.022	-0.129	-0.063
總雨量	0.008	0.173	0.081	0.195*	0.027	-0.031	0.06
總蒸發量	0.025	-0.087	-0.034	-0.115	-0.114	-0.092	-0.067
總雨量-總蒸發量	0.002	0.172	0.079	0.197*	0.046	-0.01	0.066

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$

表四：民國 87 年 1 月至民國 96 年 12 月澎湖縣恙蟲病感染率與當月份(Lag0)和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係

	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	Lag6
平均溫	0.336***	0.296**	0.166	-0.02	-0.135	-0.264**	-0.297**
平均 最高溫	0.326***	0.298**	0.175	-0.17	-0.128	-0.259**	-0.296**
平均 最低溫	0.34***	0.284**	0.148	-0.03	-0.144	-0.273**	-0.299**
平均相對 溼度	-0.02	0.173	0.195*	0.169	0.027	-0.186*	-0.306**
總雨量	0.131	0.447***	0.246**	0.12	-0.167	-0.110	-0.244**
總蒸發量	0.193*	0.122	0.045	-0.143	-0.140	-0.307**	-0.300**
總雨量- 總蒸發量	0.086	0.425***	0.239**	0.157	-0.135	-0.032	-0.173

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$

表五：民國 87 年 1 月至 96 年 12 月澎湖縣恙蟲病感染率與當月份(Lag0)和數個月份前(Lag n)，各個氣候因子迴歸關係(進行差分後之結果，詳見方法)

	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	Lag6
平均溫	-0.210*	-0.083	0.075	-0.024	0.151	-0.132	-0.105
平均 最高溫	-0.242*	-0.158	0.047	-0.046	0.126	-0.112	-0.125
平均 最低溫	-0.163	-0.064	0.082	-0.017	0.139	-0.171	-0.078
平均相對 溼度	-0.107	0.205*	0.037	-0.051	-0.077	0.001	-0.044
總雨量	-0.005	0.508***	0.155	-0.02	-0.218*	0.068	0.005
總蒸發量	-0.072	-0.325**	-0.139	-0.116	0.165	-0.132	-0.099
總雨量- 總蒸發量	0.004	0.509***	0.160	0.004	-0.222*	0.079	0.018

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$

表六：民國 96 年 1 至 3 月，8 至 12 月及 97 年 1 至 3 月花蓮縣吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鎮捕獲各種小獸類隻數、帶蝨率、恙蝨指數及恙蝨總數

宿主種類	捕獲數量	恙蝨指數	帶蝨率	恙蝨總數
小黃腹鼠 <i>Rattus losea</i>	155	374.17	84.52%	57,997
赤背條鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	651	84.41	89.25%	54,950
鬼鼠 <i>Bandicota indica</i>	63	208.94	73.02%	13,163
緬甸小鼠 <i>Rattus exulans</i>	502	9.45	31.27%	4,745
灰飽鼯 <i>Crocidura attenuata</i>	37	31.44	48.65%	1,163
小麝鼯 <i>Crocidura suaveolens</i>	8	42	87.50%	336
銀腹鼠 <i>Rattus argentiventer</i>	3	26	100%	78
錢鼠 <i>Suncus murinus</i>	473	0.09	0.85%	42
家鼯鼠 <i>Mus musculus</i>	355	0.07	2.82%	26
田鼯鼠 <i>Mus caroli</i>	813	0.004	0.37%	3
總數	3,060			132,503

表七：民國 96 年 1 至 3 月，8 至 12 月及 97 年 1 至 3 月花蓮縣吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鎮利用 IFA 檢測各種鼠類隻數、恙蟲病陽性率，和 Kato、Karp、Gilliam 三種恙蟲病立克次體陽性率

種類	隻數	Kato	Karp	Gilliam	Total
銀腹鼠	3	66.7%	100.0%	33.3%	100.0%
鬼鼠	24	95.8%	87.5%	91.7%	95.8%
小黃腹鼠	70	92.9%	85.7%	87.1%	92.9%
赤背條鼠	276	82.2%	82.6%	76.8%	84.1%
緬甸小鼠	291	57.7%	56.7%	45.4%	62.2%
家鼯鼠	69	47.8%	39.1%	37.7%	49.3%
田鼯鼠	113	24.8%	18.6%	15.9%	26.5%
總數	847	64.5%	62.0%	55.7%	67.1%

表八：民國 96 年 1 至 3 月，8 至 12 月及 97 年 1 至 3 月花蓮縣吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鎮各鼠種寄生恙蟎種屬數量

寄主種類	英帕恙蟎 (<i>L. imphalum</i>)	地里恙蟎 (<i>L. deliense</i>)	*其他纖恙蟎屬種類 (Other <i>L. species</i>)	無前恙蟎屬 (<i>Walchia</i>)	長板恙蟎屬 (<i>Gahrliopia</i>)	**無法判定(但屬纖恙蟎屬)	鑑定總數
赤背條鼠	81.21%	14.47%	0.99%	0.01%	0.11%	3.21%	14,179
小黃腹鼠	80.79%	8.34%	0.56%	0.75%	0.60%	8.95%	14,047
鬼鼠	73.98%	11.14%	0.90%	1.67%	0.00%	12.31%	3,240
緬甸小鼠	49.49%	1.26%	1.20%	5.65%	36.98%	5.35%	1,663
灰鼯鼯	83.70%	15.22%	0%	0%	0%	1.09%	92
小麝鼯	88.24%	7.06%	0%	0%	0%	4.71%	85
銀腹鼠	74.47%	2.13%	0%	0%	0%	23.40%	47
錢鼠	94.12%	5.88%	0%	0%	0%	0%	17
田鼯鼠	0%	0%	64.71%	0%	0%	35.29%	17
總計	78.73%	10.86%	0.83%	0.76%	2.14%	6.66%	33,387

*非英帕恙蟎或地里恙蟎之其他纖恙蟎屬種類

**屬於纖恙蟎屬種類，但標本狀況無法鑑定至種