

Reprint 747

天氣對人類健康的影響

梁榮武、梁延剛、莫慶炎

第二十二屆粵港澳氣象科技研討會，
中國，中山，2008年1月22 - 23日

天氣對人類健康的影響

梁榮武 梁延剛 莫慶炎
香港天文台

摘要

香港天文台近年進行了一系列有關本地天氣如何影響人類健康的研究，範圍包括暑熱壓力、嚴重急性呼吸系統綜合症（SARS）及能夠傳播登革熱的白紋伊蚊的蚊患情況。

研究發現暑熱壓力能增加人類的死亡和發病的風險，尤其以長者、有心、肺或呼吸系統毛病的患者以及慢性病患者為甚。香港是世界上嚴重受 SARS 影響的地區之一，在淘大花園的社區爆發中，氣溫、風向、風速和大氣穩定度有可能影響 SARS 病毒的出現、傳送和擴散。香港在 38 區設有誘蚊產卵器，收集到的數據可以計算出能代表白紋伊蚊蚊患情況的誘蚊產卵器指數，該指數跟氣溫及雨量有顯著的相關性。

Impact of weather on human health

W.M. Leung Y.K. Leung H.Y. Mok
Hong Kong Observatory

Abstract

In recent years, the Hong Kong Observatory has conducted a number of studies on how local weather would affect human health. The targets of these studies include thermal stress, Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) and the abundance of the dengue fever vector *Aedes Albopictus*.

Results showed that thermal stress can increase the risk of human mortality and morbidity, especially to the elderly and those with pre-existing heart, pulmonary, respiratory and chronic illness. During the SARS outbreak in 2003, Hong Kong was among the cities hardest hit by SARS. Temperature, wind speed, wind direction and atmospheric stability can possibly affect the occurrence, transmission and dispersion of SARS virus in the community outbreak at the Amoy Garden. Using data collected from oviposition traps set up in 38 sites in Hong Kong, the Ovitrap Index indicating the abundance of the *Aedes Albopictus* is calculated. Temperature and rainfall were found to have significant correlations with the Ovitrap Index.

1. 引言

人類的長遠健康取決於生物圈的生態與物理系統（稱為生命維持系統）是否能穩定及正常地運作（WMO/WHO/UNEP, 2003）。我們人類往往忽略這個基本事實，這是由於人類愈來愈城市化而逐漸疏離這些自然系統所致（WMO/WHO/UNEP, 2003）。

早在公元前 400 年，希臘醫生 Hippocrates 已發現氣象與人類健康有關（WMO/WHO/UNEP, 2003）。近年隨著全球氣候變化的威脅，增加了對天氣／氣候如何影響人類健康的研究（WMO, 1999）。大量的文獻（例如 WMO/WHO/UNEP, 1996）指出天氣及氣候可直接或間接影響人類健康。

香港天文台與本地醫療界合作進行了一系列有關香港天氣與健康的研究。本文回顧及重點介紹這些研究的結果，範圍包括暑熱壓力對人類健康的影響，氣象與嚴重急性呼吸系統綜合症（SARS）的可能關係，以及用以監測傳播登革熱的蚊患情況的誘蚊產卵器指數與氣象元素的相關。

2. 暑熱壓力

在眾多的氣象元素中，極端炎熱和寒冷的情況是導致最多人死亡及入院（WMO/WHO/UNEP, 1996; WMO, 1999）。其中一個經典例子是 2003 年夏季的熱浪，導致西南歐洲有超過 21,000 人死亡（WMO, 2004）。

人類是「溫血」動物，無論外界熱力環境怎樣變化，都會儘量保持體內溫度在 37°C 左右（Houghton, 1995）。在某些熱力範圍內，人類會透過適當的熱力調節反應例如流汗、「打冷顫」等反射動作維持舒適度。但是，當氣溫超過冷或熱的舒適範圍時會顯著地增加人類的死亡風險（主要是心肺毛病）（Martens, 1998）。對一些生理熱力調節機能較弱的長者，患有心、肺、呼吸毛病及慢性病患者尤為嚴重。

下列列舉一些機制來解釋為何熱力能引致死亡。對有心臟血管病的患者來說，生理調節機能引發的血壓、血黏度增加及心跳加速都可能導致死亡（Pan et al., 1995）。感冒可間接導致因寒冷而死亡的個案（Kunst et al., 1993）。此外，經支氣管吸入寒冷空氣亦可引致肺部受感染（Schaanning et al., 1986）。

在高緯度地區例如歐洲及北美洲等已有很多文獻提及暑熱壓力與人類死亡率的關係（例如 Kovats and Jendritzky, 2006; Martens, 1998）。在熱帶及亞熱帶地區的研究則相對較少。

香港方面，Leung et al. (2007) 利用 1995 至 2004 年的 10 年數據，發現夏季（5 至 9 月）與中暑有關的死亡只在日最高淨有效溫度（NET）超過 26 時出現（圖 1a）。NET 是一個結合溫度、相對濕度及風速的熱力指數，計算公式如下：

$$NET = 37 - \frac{37 - T}{0.68 - 0.0014 RH + 1/(1.76 + 1.4v^{0.75})} - 0.29T(1 - 0.01RH)$$

T 為氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)， v 為風速 (ms^{-1}) 及 RH 為相對濕度 (%)。

利用泊松迴歸法 (Poisson regression)，Leung et al. (2007) 估計當 NET 值在 26 以上時，NET 每增加 1 單位，平均中暑的死亡數字就會是原來的大約兩倍。因此，若 NET 在全球暖化 (Leung et al., 2004a) 及香港高密度城市發展導致有風速下降趨勢 (Leung et al., 2004b; Lam, 2006) 下增加，中暑的死亡數字會上升。香港跟很多溫帶地區不同，與循環或呼吸病有關的每日死亡數字和夏季的日最高 NET 在統計學上沒有顯著的相關。這可能與香港及高緯度地區的居民習慣不同有關，大部份的香港人都會在炎夏逗留在有空調的環境內。

Leung et al. (2007) 也發現在冬季（11 至 3 月），與循環及呼吸病有關的每日死亡數字分別與日最低 NET 在統計學上有顯著滯後的負相關（表 2）。NET 每下降 1 單位，低溫症的平均死亡數字的增幅最大，而與循環有關的平均死亡數字較與呼吸有關的為高（圖 1b）。當 NET 值在 14 以下時，NET 每下降 1 單位，低溫症的平均死亡數字就會是原來的 1.3 倍。長者（ ≥ 65 歲）比其他年齡組別的人士較易受 NET 的改變影響。NET 在全球暖化及高密度城市發展下會上升，因此由寒冷天氣引致的低溫症、循環及呼吸病的死亡率預期會減少。

暑熱壓力對長者及慢性病患者的影響也可從使用長者安居服務協會平安鐘後需要跟進送院的數字可見一斑。圖 2 顯示，當最低氣溫低於攝氏 23 度時，隨著氣溫進一步下降，使用平安鐘服務求助而需要跟進送院的人士的數目會上升。在寒冷天氣下（即氣溫低於 12°C 度的日子），數字較平時高出 10% 以上，即平均每日約有 80 人在按動平安鐘後需要送院。

3. 嚴重急性呼吸綜合症 (SARS)

SARS 屬於一種新的冠狀病毒。在 2002 年 11 月至 2003 年的夏季這期間內，SARS 令全球有超過 8,000 人受感染及 900 人死亡。香港是其中一個嚴重受影響的地區，680 萬人中有 1,755 的 SARS 確診個案及 300 人死亡 (SARS Expert Committee, 2003)，在淘大花園這個住宅屋邨，出現了嚴重的社區

爆發。SARS 在香港的平均潛伏期定為 6.37 日 (WHO, 2003)。

在全球區域、本地及微尺度上，Chang et al. (2005) 對 SARS 與氣象條件之間的關係作出了回顧。一些研究發現 SARS 是透過直接接觸或經由帶 SARS 病毒的滴液傳播 (WHO, 2003)，亦有研究指出 SARS 可透過空氣傳播 (Yu et al., 2004; Booth et al., 2005)。

引起 SARS 的病毒屬冠狀病毒而接近三份之一的傷風病毒也屬同一類。由於傷風有明顯的季節性變化 (冬、春季較多)，SARS 亦有可能有類似的季節性變化 (Abdullah, 2003)。

Yip et al. (2007) 發現淘大花園 SARS 數目的時間序列可利用邏輯模式 (Logistic model) 來描繪。方程如下：

$$S(t) = \frac{329}{1 + e^{-0.61(t-12.7)}}$$

其中 $S(t)$ 是第 t 日的累積 SARS 數目 (圖 3)。邏輯模式可解釋 99.2% 的變異。

淘大花園的 SARS 傳播途徑有很多假設，包括人與人接觸及經老鼠傳播，空氣亦是其中一個可能的傳播途徑。若果空氣可傳播 SARS 的話，Yip et al. (2007) 的研究指出氣象因素可扮演的角色，有關研究的重點摘錄如下。

圖 4a 及 4b 顯示淘大花園的 SARS 個案數字及 6 日前的最高與最低氣溫。這些溫度與 Tan et al. (2005) 提出的 16 至 28°C 為 SARS 出現的最合適溫度，及 Abdullah (2003) 認為 SARS 病毒只可以在 18 至 22°C 的溫度傳播的論調相符。圖 4a 亦顯示在 SARS 個案出現高峰值的 6 日前 (即 3 月 18 日)，有一冷鋒橫過華南沿岸，令最高氣溫由 26°C 下降 10°C 至 16°C。最低氣溫的下降亦很明顯，由 21°C 跌至 14°C (圖 4b)。世界衛生組織 (WHO, 2004) 指出很多病毒在某個溫度之上不能繁殖。一些傳染病的高出現率都與低溫有關 (Kim et al. 1996)，人體防禦與免疫能力的改變可能是其中因素。氣溫的下降可能加強 SARS 病毒的生存能力及減低一些居民的抗禦能力，令他們較易受感染。

根據流體動力計算的結果，Yu et al. (2004) 假設當時持續的東北風將病毒帶至下風方向的屋苑。圖 5 顯示淘大花園有人受感染的座向。圖中指出除 E 座外，最高的感染座數為下風方向的 B、C 及 D 座。E 座的感染人數佔總感染人數的 41%，B、C 及 D 座分別佔 13%、15% 及 13% (Department of Health,

2003)。除此以外，B、C、D及E座都沒有互相連接的行人道，因此有理由相信風將帶病毒的煙霧吹至B、C及D座。利用流體動力模式，Yu et al. (2004) 的研究表明，在東北風作用在單源頭的擴散傳播與人與人接觸的傳播這兩個模式當中，淘大花園各座的感染數字與前 較相符。

氣候上來說，香港的3月份是最常出現逆溫層的月份。隨著冷鋒於3月18日橫過華南沿岸，香港出現了逆溫層（圖6）。3月19日至23日期間的日照時間很短（Hong Kong Observatory, 2003），地面因缺乏太陽的照射而不能令逆溫層及混合層升高。在最關鍵的數天，低混合層高度可阻礙由E座釋出帶病毒煙霧的有效擴散。

4. 誘蚊產卵器指數

香港常見的白紋伊蚊是傳播登革熱的病媒。香港食物環境衛生署在香港38個地區放置誘蚊產卵器以監察白紋伊蚊的滋生情況。在某一地區的誘蚊產卵器內發現有白紋伊蚊的卵、幼蟲或蛹的比率為該區的誘蚊產卵器指數 Ψ ，即有蚊卵、幼蟲或蛹的誘蚊產卵器數目除以於該區收回之誘蚊產卵器總數目再乘以100%。指數的高低可顯示白紋伊蚊在該區滋生的情況。各區錄得的誘蚊產卵器指數會向公眾公布，以提高公眾對蚊患的警覺性及推動公眾參與防蚊滅蚊行動（FEHD, 2006）。

天文台和食物環境衛生署合作研究的天氣與誘蚊產卵器指數的關係顯示誘蚊產卵器指數有明顯的季節性變化（Mok et al., 2007），在較溫暖及多雨的春夏兩季的誘蚊產卵器指數相比較涼及少雨的秋冬兩季高（圖7）。在各個天氣元素中，氣溫和雨量與誘蚊產卵器數有顯著的相關。此外，當安放誘蚊產卵器前14天至回收誘蚊產卵器共21天的平均氣溫低於 19°C 時，誘蚊產卵器指數大致為0%。

根據Mok et al. (2007) 的研究結果可以建立一個誘蚊產卵器指數天氣模型，利用氣溫和雨量估算誘蚊產卵器指數：

$$\text{當 } T < 19^{\circ}\text{C} \text{ , } \Psi = 0 \text{ ;}$$

$$\text{當 } T \geq 19^{\circ}\text{C} \text{ , } \Psi = e^{aT} (bR^2 + cR + d)$$

其中 Ψ 為誘蚊產卵器指數

T 為安放誘蚊產卵器前14天至回收誘蚊產卵器共21天的平均氣溫

R 為安放誘蚊產卵器前21天的總雨量

a, b, c 和 d 為常數。

有關的研究將會繼續，食物環境衛生署近期收集的誘蚊產卵器指數數據將會作驗證及調校誘蚊產卵器指數天氣模型之用。

5. 結論

本文展示了一些香港氣象條件對人類健康的可能影響。某些氣象參數例如暑熱壓力可直接影響我們人體的熱力調節反應，增加死亡及入院的風險，長者、有心、肺或呼吸系統毛病的患者以及慢性病患者尤為嚴重。其餘的參數如氣溫、風及大氣穩定度可能影響病毒例如嚴重急性呼吸系統綜合症 (SARS) 的出現、傳播及擴散。由冷鋒引致的顯著氣溫下降可減低某些淘大花園居民對 SARS 的免疫力因而較易受感染。氣溫和雨量對傳播登革熱的病媒的白紋伊蚊的為患情況有顯著的影響。根據誘蚊產卵器指數與氣溫和雨量的關係建立了一個誘蚊產卵器指數天氣模型，使用該個模型可以估算誘蚊產卵器指數以幫助監察白紋伊蚊的滋生情況。

6. 參考文獻

- Abdullah, A.S.M. 2003. Virus pathogens suggest an autumn return. *Journal of Epidemiology and Community Health* **57**, 770-771.
- Booth, F. Timothy, and co-authors. 2005. Detection of airborne Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) coronavirus and environmental contamination in SARS outbreak units. *Journal of Infectious Diseases* **191**.
- Chang W.L., K.H. Yeung, Y.K. Leung. 2005. Climate, Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) and Avian Flu. *WMO Bulletin* Vol. **54** No.4.
- Department of Health. 2003. *Outbreak of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) at Amoy Gardens, Kowloon Bay, Hong Kong. Main Findings of the Investigation.* Department of Health. Government of Hong Kong Special Administrative Region.
- Food and Environmental Hygiene Department (FEHD). 2006. *Annual Report 2006.*
- Hong Kong Observatory. 2003. *Monthly Weather Summary, March 2003.*
- Houghton D. 1985. *Handbook of Applied Meteorology.* Wiley-interscience. 1461pp.
- Kim, P.E., D.M. Musher, W.P. Glezen, M.C. Rodriguez-Barradas, W.K. Nahm, C.E. Wright. 1996. Association of invasive pneumococcal disease with season, atmospheric conditions, air pollution, and the isolation of respiratory viruses. *Clinical Infectious Diseases* **22**(1), 100-106.
- Kovats R.S., G. Jendritzky. 2006. Heat Waves and Human Health. In *Climate Change and Adaption Strategies for Human Health.* Published on behalf of the World Health Organization Regional Office for Europe. Springer. 449 pp.

- Kunst A.E., C.W.N. Looman, J.P. Mackenbach. 1993. Outdoor air temperature and mortality in Netherlands: a time-series analysis. *American Journal of Epidemiology*. **137**(3): 331-341.
- Lam C.Y. 2006. On climate changes brought about by urban living. *Bulletin of Hong Kong Meteorological Society*. **16**(1).
- Leung Y.K., K.H. Yeung, E.W.L.Ginn, W.M. Leung. 2004a. Climate change in Hong Kong. *Hong Kong Observatory Technical Note No. 107*.
- Leung Y.K., Y.Y. Cheng, M.C. Wu. 2004b. Long-term change in atmospheric visibility in Hong Kong. *Hong Kong Observatory Reprint No. 565* (in Chinese only).
- Leung Y.K., K.M. Yip, K.H. Yeung. 2007. Relationship between thermal index and mortality in Hong Kong. *Meteorological Applications*. Accepted.
- Martens P. 1998. *Health & Climate Change - Modelling the Impacts of Global Warming and Ozone Depletion*. Earthscan. 173pp.
- Mok H.Y., Ma, H.M., Lee M.W. 2007. *The effect of weather on the abundance of Aedes albopictus in Hong Kong*. Submitted to the Annual Meeting of the China Meteorological Society 2007 (in Chinese only).
- Pan W.H., L.A. Li, M.J. Tsai. 1995. Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infraction in elderly Chinese. *Lancet*. **345**: 641-646.
- SARS Expert Committee. 2003. SARS in Hong Kong – from Experience to Action. *Report to the SARS Expert Committee*, October 2003.
- Schaanning J., H. Finsen, I. Lereim *et al.* 1986. Effects of cold air inhalation combined with prolonged sub-maximal exercise on airway function in healthy young males. *European Journal of Respiratory Diseases*. **68** (suppl. 142): 74-77.
- Tan J., L. Mu, J. Huang, S. Yu, B. Chen, J. Yin. 2005. An initial investigation of the association between the SARS outbreak and weather: with the view of the environmental temperature and its variation. *Journal of Epidemiology and Community Health* **59**, 186-192.
- WHO. 2003. *Consensus document on the epidemiology of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)*. WHO/CDS/CSR/GAR/2003.11, Department of Communicable Disease Surveillance and Response, World Health Organization.
- WHO. 2004. *Using climate to predict disease outbreaks: A review*.
- WMO. 1999. *Weather, Climate and Health*. WMO No. **892**. World Meteorological Organization, Geneva.

WMO. 2004. *Global Temperature in 2003 Third Warmest*. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2003. Press Release. WMO-No **702**. World Meteorological Organization.

WMO/WHO/UNEP. 1996. *Climate and Human Health* (edited by Kalkstein LS, Maunder WJ, Jendritzky G). WMO No. **843**. World Meteorological Organization, Geneva.

WMO/WHO/UNEP. 2003. *Climate Change and Human Health – Risks and Responses* (edited by McMichael AJ, Campbell-Lendrum DH, Corvalan CF, Ebi KL, Githeko AK, Scheraga JD, Woodward A). World Meteorological Organization, Geneva.

Yip K.M., W.L. Chang, K.H. Yeung, I.T.S. Yu. 2007. Possible meteorological influence on the Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) Community Outbreak at Amoy Gardens, Hong Kong. *Journal of Environmental Health* Vol. **70**, No. **3**, 39-46.

Yu I.T.S., Y.G. Li, T.W. Wong, W. Tam, A.T. Chan, J.H.W. Lee, D.Y.C. Leung and T. Ho. 2004. Evidence of airborne transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome virus. *New England Journal of Medicine* **350**, 1731-1739.

表 1. (a) 夏季 (5 至 9 月) 及 (b) 冬季 (11 至 3 月) 各死因的率比 (RR) 的 95% 置信區間 (CI) 計估。RR 代表 NET 增加 1 單位時的平均死亡率的變化。同理 RR 的倒數代表 NET 下降 1 單位時的平均死亡率的變化。圖中 ALL: 所有原因但撇除了例如受傷及中毒等的外在原因; CIR: 與循環系統有關的原因; RES: 與呼吸系統有關的原因; IHD: 缺血性心臟病, 俗稱冠心病; CBD: 腦血管病, 俗稱中風; PIF: 肺炎及流行性感冒; COP: 慢性肺阻塞病; EHEAT: 中暑; ECOLD: 低溫症。

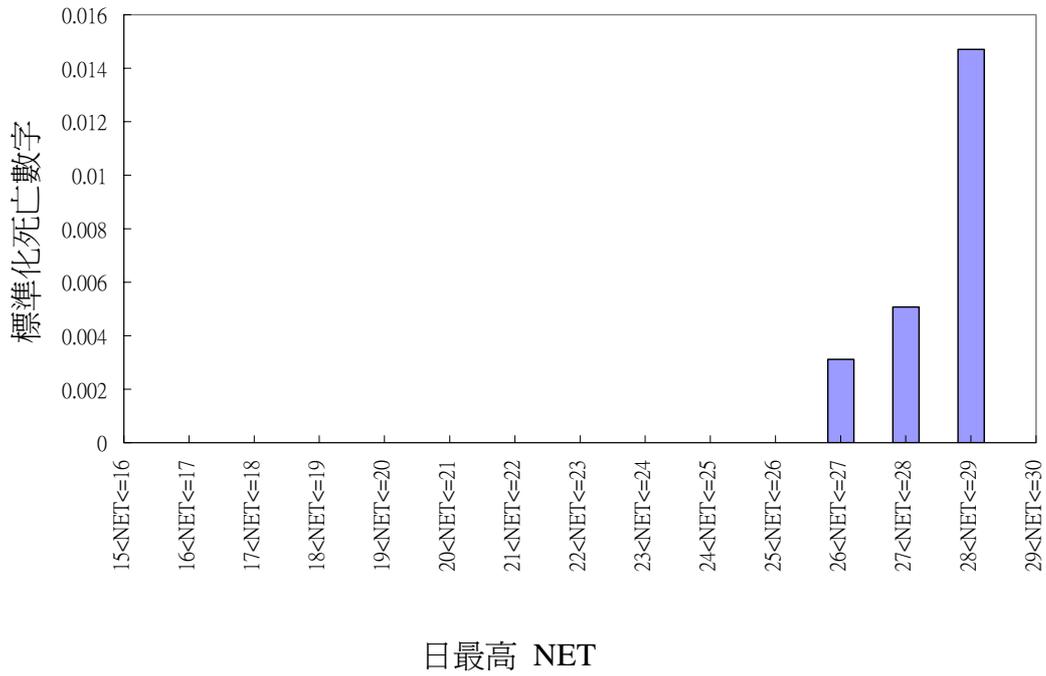
(a) 夏季				
死因	RR	95% CI	p 值	5% 水平上 是否顯著
All	1.001	0.998 - 1.004	0.344	否
CIR	0.997	0.991 - 1.003	0.344	否
<i>IHD</i>	0.996	0.986 - 1.005	0.391	否
<i>CBD</i>	0.997	0.988 - 1.005	0.440	否
RES	1.001	0.993 - 1.008	0.814	否
<i>PIF</i>	1.004	0.994 - 1.013	0.427	否
<i>COP</i>	0.998	0.985 - 1.010	0.691	否
EHEAT	2.163	1.102 - 4.244	0.025	是

(b) 冬季				
死因	RR	95% CI	p 值	5% 水平上 是否顯著
All	0.990	0.988 - 0.991	<0.001	是
CIR	0.980	0.977 - 0.982	<0.001	是
<i>IHD</i>	0.980	0.977 - 0.984	<0.001	是
<i>CBD</i>	0.982	0.979 - 0.986	<0.001	是
RES	0.984	0.982 - 0.987	<0.001	是
<i>PIF</i>	0.987	0.983 - 0.991	<0.001	是
<i>COP</i>	0.980	0.976 - 0.985	<0.001	是
ECOLD	0.782	0.727 - 0.841	<0.001	是

表 2. 冬季 (11 至 3 月) 每日死亡數字與日最低 NET 的滯後相關係數。* 號顯示係數在 5% 的統計水平上顯著。圖中 ALL: 所有原因但撇除了例如受傷及中毒等的外在原因; CIR: 與循環系統有關的原因; RES: 與呼吸系統有關的原因; IHD: 缺血性心臟病, 俗稱冠心病; CBD: 腦血管病, 俗稱中風; PIF: 肺炎及流行性感冒; COP: 慢性肺阻塞病; ECOLD: 低溫症。

	日最低 NET					
	0 日滯後	1 日滯後	2 日滯後	3 日滯後	4 日滯後	5 日滯後
ALL	-0.29*	-0.36*	-0.44*	-0.46*	-0.49*	-0.48*
CIR	-0.32*	-0.37*	-0.41*	-0.44*	-0.44*	-0.44*
<i>IHD</i>	-0.21*	-0.25*	-0.29*	-0.32*	-0.31*	-0.33*
<i>CBD</i>	-0.22*	-0.25*	-0.28*	-0.30*	-0.30*	-0.29*
RES	-0.21*	-0.26*	-0.30*	-0.33*	-0.37*	-0.36*
<i>PIF</i>	-0.15*	-0.17*	-0.21*	-0.23*	-0.25*	-0.24*
<i>COP</i>	-0.15*	-0.23*	-0.26*	-0.28*	-0.32*	-0.32*
ECOLD	-0.26	-0.27	-0.24	-0.39*	-0.21	-0.24

(a) 中暑



(b) 低溫症

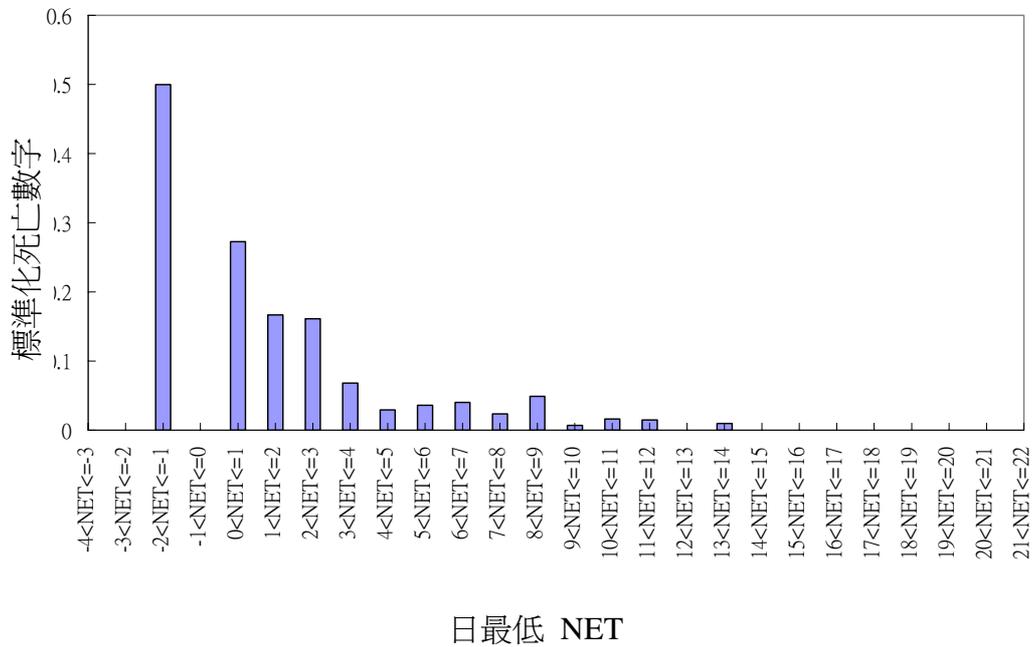


圖 1. (a)夏季 (5 至 9 月) 在不同日最高 NET 的類別下, 中暑的死亡數字分佈。(b)冬季 (11 至 3 月) 在不同日最低 NET 的類別下, 低溫症的死亡數字分佈。

每日使用平安鐘後需要跟進送院次數與最低氣溫的關係

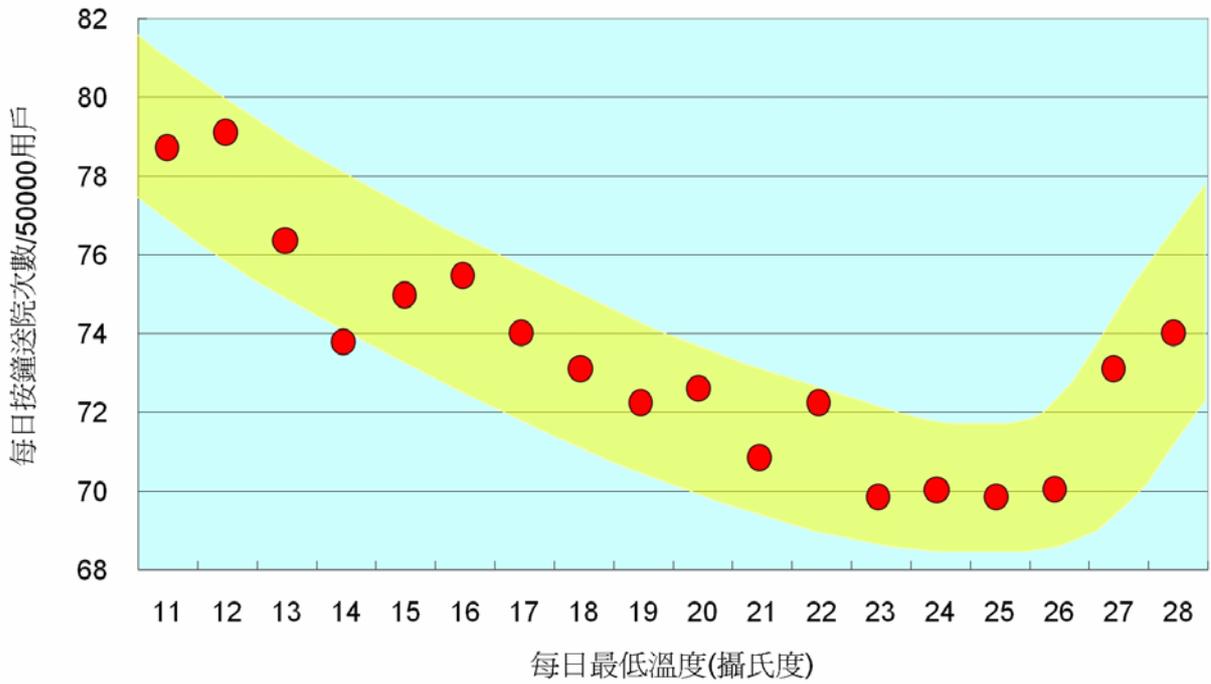


圖 2. 每日使用平安鐘後需要跟進送院次數與最低氣溫的關係。

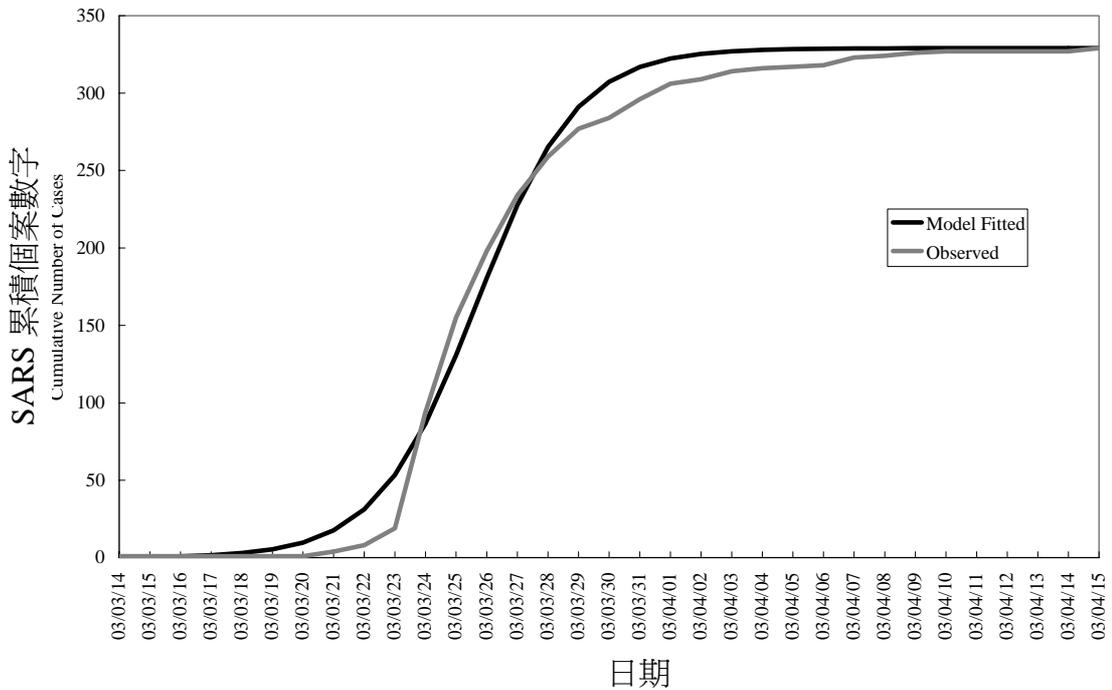


圖 3. 淘大花園 SARS 個案的累積頻數圖。

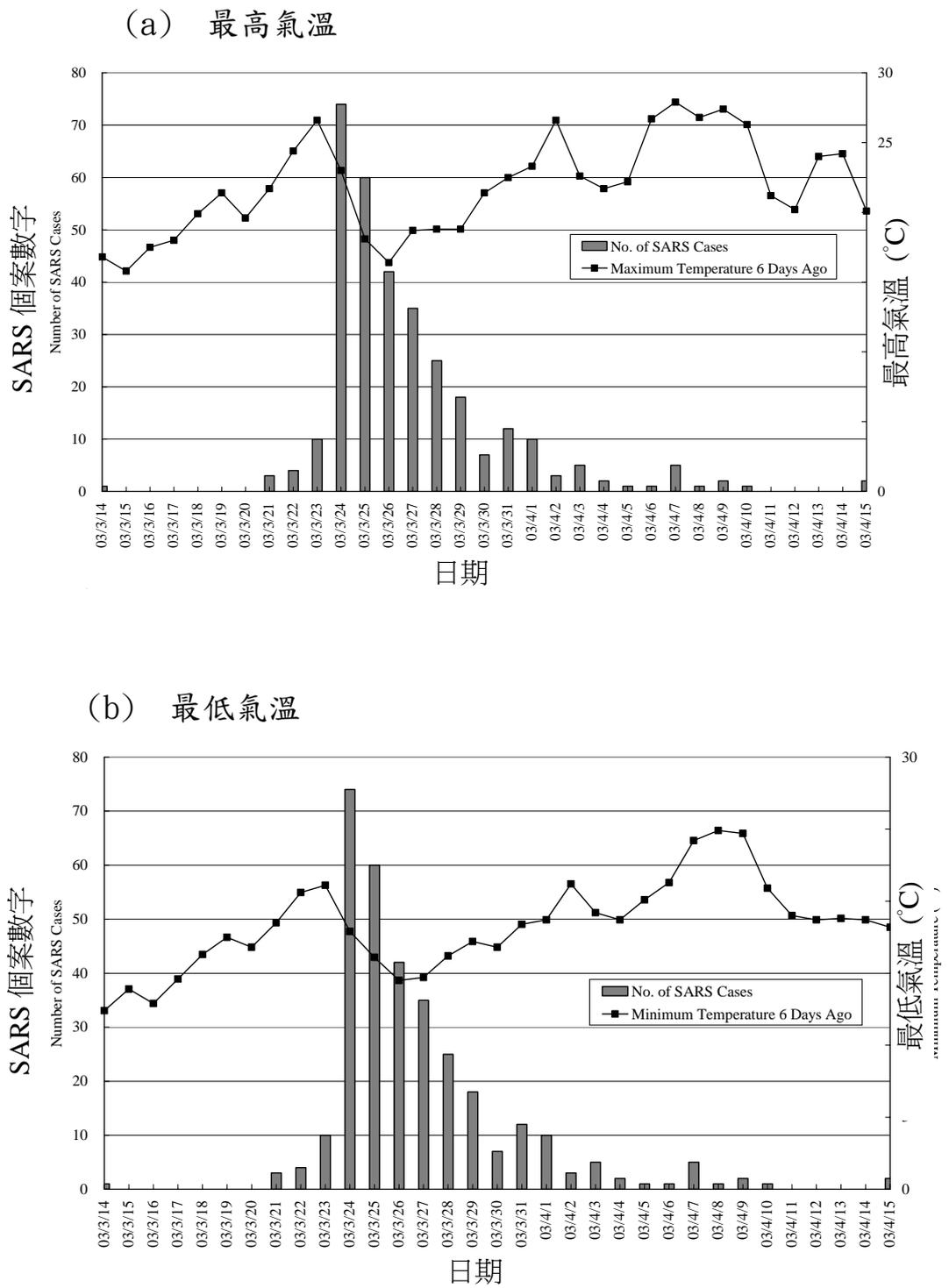


圖 4. 淘大花園每日 SARS 個案數字與 6 日前的 (a) 每日最高氣溫 (b) 每日最低氣溫。

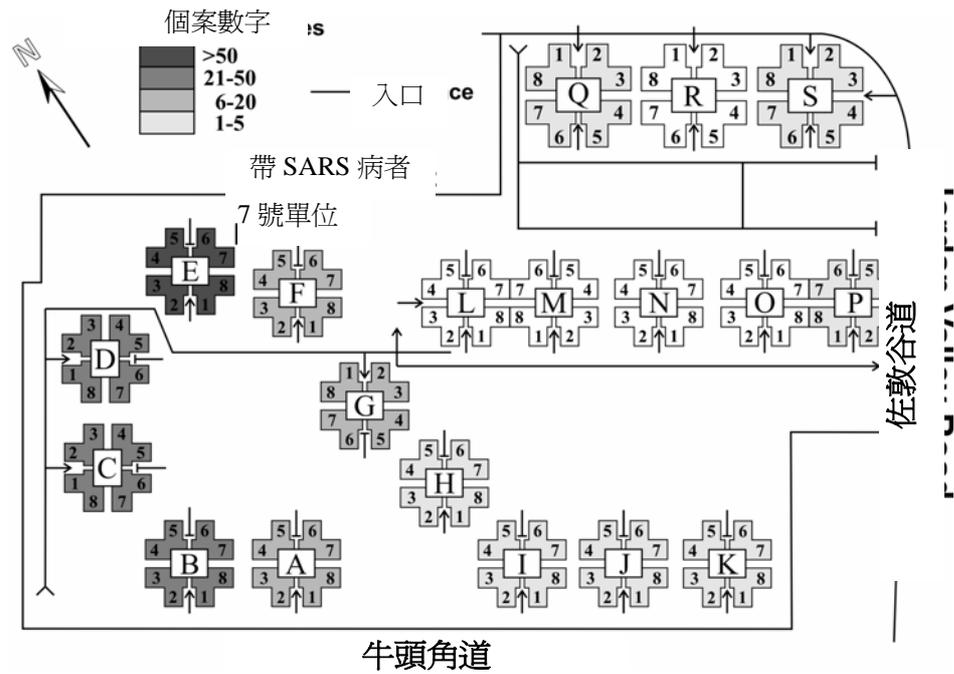


圖 5. 淘大花園各座的分佈。帶 SARS 病者曾探訪 E 座，D、C 及 B 座位於 E 座的下風風向。

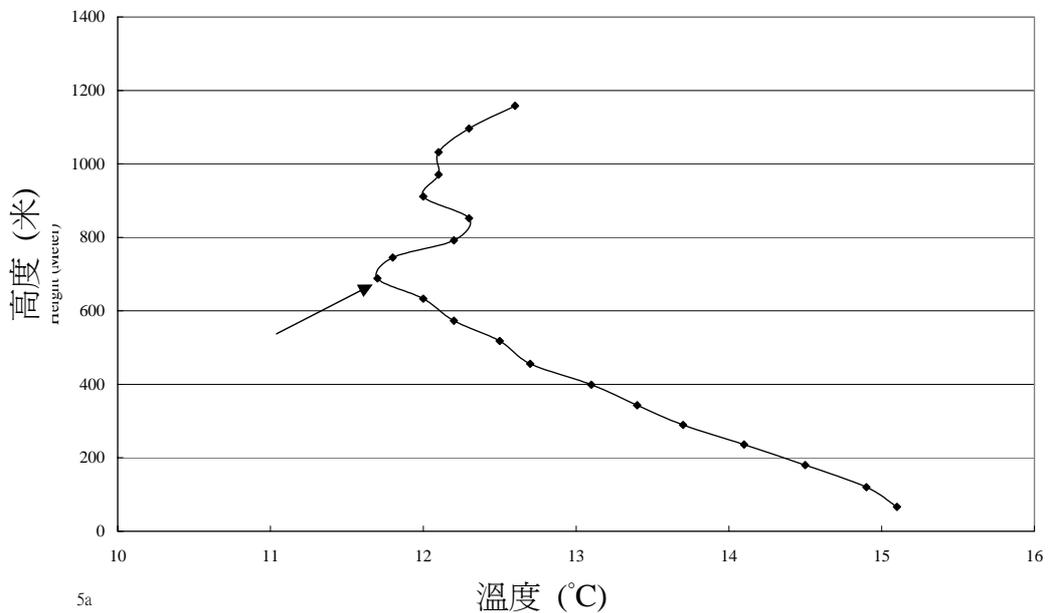


圖 6. 2003 年 3 月 19 日上午 8 時的探空顯示大氣底層出現逆溫層。箭咀指示逆溫層的底部或混合層高度。

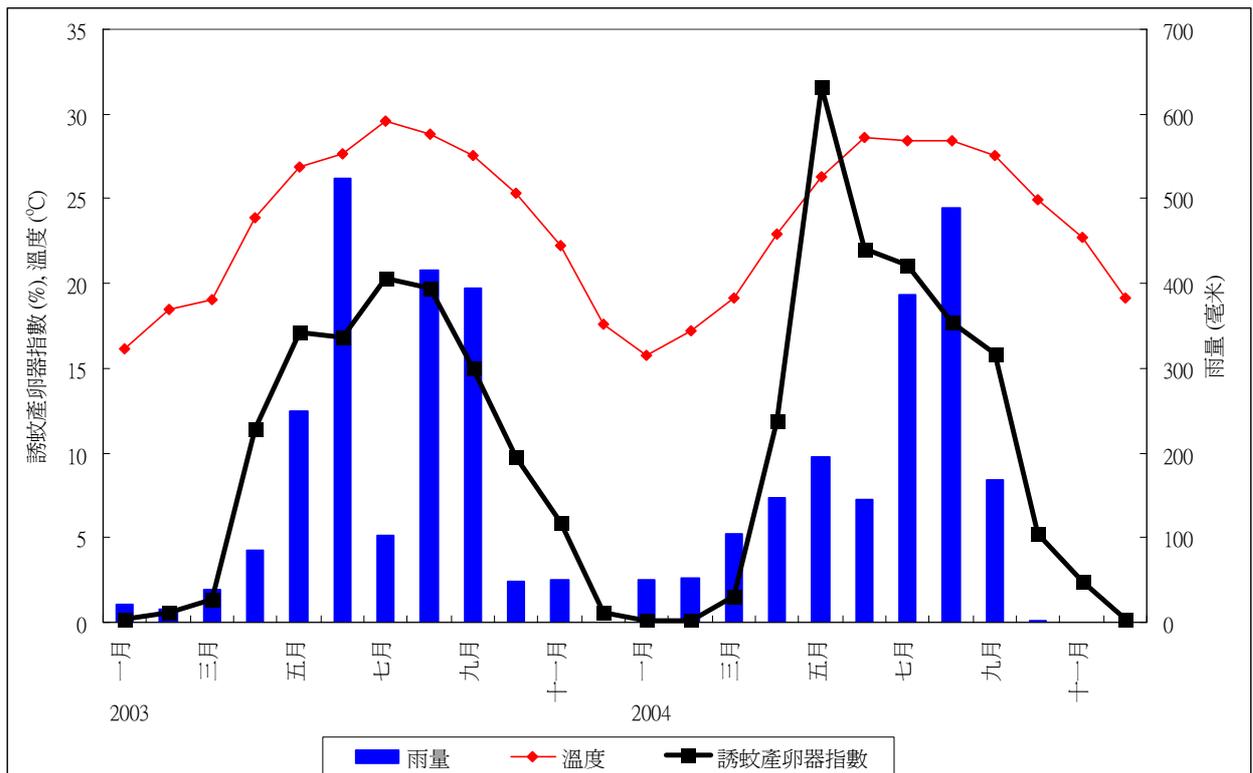


圖 7. 香港平均每月誘蚊產卵器指教 (2003-2004)。圖中亦顯示月雨量及平均氣溫以作比較。