

都市熱島效應

◎文、圖/林業試驗所集水區經營組·陸象豫 (shiang@tfri.gov.tw)

都市熱島效應(urban heat island effect, UHIE)是指城市大氣和地表溫度，比附近農村地區相對應溫度為高的現象。此種區域性溫度差異的現象，乃人造衛星出現後，人類得以從高空拍攝地表，由紅外線影像中發現城市與周邊地區的溫度有明顯差異，才廣為人知；紅外線影像中，城市區域看起來就好像在周邊地區中的一個浮島，因而取名為熱島。現今世界許多城市的氣溫及地表的平均溫度都較鄰近自然土地覆蓋區相對應的溫度高約1~6°C，且隨著全球暖化現象的惡化，城市與周邊溫度的差異日益擴大，並益受關注。

造成熱島效應的原因，簡單而言乃城市與郊區能量(主要為太陽輻射能)的蓄存與散失不同所造成的，而造成能量收支差異的原因可細分為：

1. 在鄉村地區植物覆蓋率較高，白天入射的太陽輻射能，多消耗於植物的光合作用。但在城市中由於植被較少，太陽輻射能多被建築物、街道和人工鋪面所吸收，並儲存於此等地表覆蓋物中，因而此使溫度增加。
2. 城市大多數地區都是屬於滲透量低的不透水層，地表逕流較鄉村地區為高，使得城市地區土壤水的蓄存量較低，再加上植物覆蓋率較低，蒸發散冷卻效應較鄉村地區為低，因而造成地表及大氣溫度較鄉村地區相對應的溫度為高。
3. 城市中源自建築物、汽車及家庭的廢棄熱能遠較鄉村地區為高；這些額外的熱能終將以不同途徑進入大氣中，進而使大氣溫度升

高。據估計城市廢棄熱能的總量，可高達入射太陽輻射能的三分之一，是相當可觀的熱能來源。

4. 城市中建築物與道路等所使用材料(瀝青、磚塊、混凝土等)的反照率(albedo，為物體表面反射與吸收太陽能的比率)較低，且顏色較深，因而可吸收較多的太陽輻射能，尤以紅外線的熱能(infrared heat)更易被建築物吸收。因此城市在白晝吸收較多的太陽輻射能，並在夜晚將所吸收儲藏的熱能釋出於大氣中。且此等物質熱傳導性能(thermal conductivity)較鄉村地區以植物為主的大地之熱傳導性能為佳，因此城市中藉傳導進入大氣中的熱能較鄉村地區為多。
5. 城市中高聳的建築所形成類似峽谷的地貌助長熱能的蓄存。在白天進入城市的太陽輻射能被建築物多重的反射與吸收而鎖在建築物的峽谷中，降低返回大氣的熱量，助長增溫作用。



城市中植被少，太陽輻射能多被建築物吸收，並儲存於其間，因而使地表溫度增加。

臺北植物園樹冠層頂、林下層及建築物頂層月分平均溫度(°C)

	月份	樹冠層頂	林下層	建築物頂
2014	May	23.0	21.7	25.3
	June	25.0	23.6	27.1
	July	28.7	27.7	30.2
	August	29.7	28.1	31.0
	September	27.1	26.1	28.2
	October	23.6	22.3	26.5
Avg.		26.2	24.9	28.1

- 6.溫差可造成空氣流動形成風，強風可降低空氣的溫度。而城市中屏風型建築物，減少風速的變化和風的流動，使熱能不易散失，加劇了城市內部的高溫化。
- 7.都會地區空氣汙染往往較鄉村地區為嚴重，大氣因懸浮的汙染物可吸收較多的太陽輻射能。

現今都市化的程度越來越高，人口亦越集中於都市，熱島效應會直接影響都市的環境品質，造成局部氣候的改變，所帶來負面影響亦越嚴重。熱島效應會加劇極端炎熱天氣事件對健康的威脅；這種極端的高溫可能會導致中暑，器官損傷，生理病症，甚至死亡，尤其是對年老及幼童這類體弱的族群影響最大。早有證據顯示，城市人遭受因熱而導致的疾病和死亡比率明顯地高於鄉村地區的居民。夏季熱島增溫現象將增加空調能源的需求，因而導致電廠排放較多有害的空氣汙染物。這些汙染物除影響居民健康外，亦反饋吸收較多的熱能，助長城市增溫現象。氣溫的升高也加速地面臭氧或煙霧的化學反應，進而威脅公眾健康與自然環境。都會區較高的地表溫度，所引發的午後熱對流改變自然的大氣環流，對都會區的降雨型態亦會有所影響。此外，都會區蓄存較多的太陽輻射能，較高濃度的懸浮物增加溫室效應，所產生的較高氣溫終將加劇全球暖化，為全球氣候變遷惡化的因素之一。

有許多措施能減緩都市社區的熱島效應，這些措施的原理乃基於太陽輻射能的收支關係。入射的太陽輻射能到達地表後其能量的收支關係為：

$$R_n = H + \lambda E + G$$

其中

R_n 為淨輻射量(net radiation, cal/cm²)

H 為有感熱流(atmospheric sensible heat flux, cal/cm²)

λE 為蒸發散潛能(latent heat or evaporation flux, cal/cm²)

G 為儲存於地表的能量(net energy storage within the canopy, cal/cm²)

因此要降低有感熱流，就必須從減少淨輻射量及增加爭發散潛能與地表儲存能量著手。在植物的生長季節，蒸發散及光合作用將消耗入射能量的三分之二弱，因此增加太陽能的消耗最簡單有效的方法乃為儘量多植樹和以植被覆蓋地表或建築物頂層。根據2014年5月至11月在臺北植物園林冠層、林下1公尺處及建築物頂層的溫度監測，獲知監測期間林下溫度較建築物頂層平均溫度的差異可高達3.24°C(見附表)，而每日的溫差主要源自白天林下層較低的溫度。由於建築物的混凝土會保留較多的熱能，並較植被覆蓋區散熱較慢，因此樹冠層與建築物頂層溫度的最大差異發生在日落後3至5小時的期間內，而凌晨至日出前的溫度差異則為不顯著。植物覆蓋處上



植物園樹冠層溫溼度及日照輻射量監測儀器。



林試所育西樓頂風速風向、溫濕度等監測設施。

下方的溫度明顯較建築物頂層的溫度為低，顯示植物覆蓋對降低地表溫度的功效。

其次是減少進入地表的靜輻射量，此種措施乃以綠建材(green building material)為建築材料(至少是鋪面)。綠建材為具有高反射率及高熱發散率(solar reflectance，為一物體散失的熱能與吸收熱能比率)的材料。綠建築材料可反射較多太陽的輻射，特別是在紅外線和可見光波長段更為有效。即使在夏季陽光下，綠建築材料表面仍能保持13~16°C的溫度，因此可降低建築物內的溫度與能量消耗量，提高居住舒適度，減少熱島效應的不良影響。一項以紐約為對象的熱傳導模擬研究顯示，該市綠建材覆蓋屋頂(cool roof，為由高熱散射率及高反射率材料鋪設的屋頂)若能達全建築物的50%以上，則可降低約0.1~0.8°C的地表大氣溫度，而每降低1°C的氣溫可減少495 million KWh的能量支出。日本東京市政當局亦估計，如果半數的東京建築均採用綠建材覆蓋，則夏季白天的氣溫可降低0.84°C，並且可節省11億日元的冷氣費用支出。因此東京市政廳通過法令，要求具平坦屋頂政府新建築屋物屋頂面積的20%以及10%

的私有建築，均須採用綠建材覆蓋。此外，將綠化行動往屋頂延伸(實施綠屋頂)，增加都市綠地覆蓋率，藉著植物的蒸發散作用降低樓頂層溫度，亦為節能降溫的有效方法。

以增加蒸發潛能，間接減輕熱島效應，可由合理地規劃城市建設，多設置公園綠地或水池濕地，以JW工法(係以透水性良好、孔隙率高之材料鋪設地表層與基底層，使更多雨水能通過人工鋪築之多孔性鋪面，滲入路基土壤中)鋪設路面及停車場等著手，藉此增加土壤含水率，進而可吸收較多熱量並降低溫度。此外，限制汽機車的機器、建築物的人工排熱，鼓勵民眾使用大眾交通，分散市區人口至郊區，均為可行的措施。

臺灣地區都市程度相當高，已有研究顯示臺北等市區的地表面溫度高於鄰近鄉村地區的樹林水田達5°C，尤以晴朗無風的夜晚氣溫的差異更大。事實上，熱島效應在臺灣都會區一年中的任何一天，無論白天或夜晚都會發生。雖然政府未明確規定新建建築要採用一定比率的綠建材，但建構屋頂綠地，節約能源，多植樹為一般民眾可盡的心力。⊗