

出國報告（出國類別：其他-參加國際會議）

參加 13th REHVA World Congress
CLIMA 2019 國際研討會報告書

服務機關：內政部建築研究所

姓名職稱：姚志廷約聘研究員

派赴國家：羅馬尼亞

出國期間：108 年 5 月 24 日至 5 月 30 日

報告日期：108 年 8 月 22 日

摘要

由於全球氣候變遷及地球溫暖化問題日趨嚴重，節能減碳已成為世界各國最重視議題之一，在建築領域中，空調耗能一向是不容忽視的耗能項目，且空調設計也與室內空氣品質及熱舒適性相關，在此背景下，國際間對於空調節能及室內環境品質相關的研究和推動工作也蓬勃發展。

為瞭解全球空調節能領域發展現況及未來趨勢，爰參加108年5月26日至29日於羅馬尼亞首都布加勒斯特召開之「13th REHVA World Congress CLIMA 2019國際研討會」。該會議是歐洲供暖、通風和空調協會（Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations，簡稱REHVA），每三年舉辦一次之國際研討會，探討主題涵蓋空調節能技術、室內環境品質等議題。本報告內容包括會議介紹、主辦單位介紹、會議相關活動等，亦針對與本所業務較為相關之議題進行摘要說明，包括：零耗能建築、紫外光殺菌應用於室內空氣品質改善、應用個人熱舒適系統提高熱舒適性、都市熱島效應分析及防制對策等議題，最後，本報告提出相關參與心得與建議，期能作為本所推動綠建築、綠建材、室內環境品質相關政策之參考。

目次

壹、出國目的.....	1
貳、出國行程.....	2
參、CLIMA 2019國際研討會簡介.....	2
一、會議主辦單位簡介.....	2
二、會議舉辦地點.....	3
肆、會議開幕式及展覽.....	4
一、開幕式及音樂會.....	4
二、展覽活動及論文海報.....	6
伍、會議重要內容概述.....	7
一、零耗能建築議題.....	7
二、紫外光殺菌應用於室內空氣品質之改善.....	13
三、應用個人熱舒適系統提高熱舒適性.....	17
四、熱島效應分析與對策.....	20
陸、會議閉幕式及音樂會.....	23
柒、心得與建議.....	24
一、心得.....	24
二、建議.....	25

壹、出國目的

全球暖化與都市熱島的議題持續受到全球關注，聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）歷次會議均確認全球必須努力把溫度上升控制在1.5~2°C的範圍以內，各國也透過相關協議與自願性的減碳承諾，共同推動溫室氣體減量，在此背景下，各國對於建築節能所能發揮的減碳效益，均予高度重視，另一方面，根據許多專業的研究顯示，隨著經濟發展及生活水準提升，全球空調數量將持續增加，加劇了建築耗能問題，因此，如何在節能、舒適健康，及都市熱島效應等議題間取得一個平衡，已成為國際間關注的議題。

歐洲供暖、通風和空調協會（Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations，簡稱 REHVA），每3年舉辦一次國際研討會探討空調技術的發展對於建築節能與室內環境品質的影響，該研討會已是空調領域全球最大規模且最重要的研討會之一，每屆會議均吸引大量產官學界專業人士參加，因此，本次出國即是希望藉由參與 CLIMA 國際研討會，蒐集建築節能、室內環境品質改善技術與發展經驗等相關資訊，並瞭解國際間目前關注的議題與未來發展趨勢，以作為本所推動相關業務之借鏡與參考，並確保我國建築節能相關政策發展符合國際趨勢。

貳、出國行程

日期	活動內容	備註
5月24日 (星期五)	台北-荷蘭阿姆斯特丹(轉機)	路程
5月25日 (星期六)	抵達羅馬尼亞布加勒斯特	路程
5月26日 (星期日)	報到並參加大會開幕式	
5月27日 (星期一)	參加研討會專題演講、workshop 及展覽	
5月28日 (星期二)	參加研討會專題演講及 workshop 及展覽	
5月29日 (星期三)	參加大會閉幕式及音樂會	
5月30日 (星期四)	羅馬尼亞-台北(含轉機)	路程

參、CLIMA 2019 國際研討會簡介

一、會議主辦單位簡介

本次會議是由歐洲供暖、通風和空調協會(Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations, 簡稱 REHVA) 主辦, 該協會成立於 1963 年, 總部位於比利時布魯塞爾, 目前約有分佈於 27 個歐洲國家的 12 萬會員, 會員主要是冷凍空調及營建領域的從業人員或研究人員。REHVA 的主要宗旨是致力於空調技術的提升與發展, 讓建築及社區更為節能、舒適與健康。該協會也協助歐盟及歐洲國家制定相關空調、室內環境品質及節能政策, 並且出版相關學術刊物及設計指南, 截至 2019 年, REHVA 專家已經出版了 28 本指南和 4 份報告, 另外, 在過去 15 年內 REHVA 執行或參與了 35 個歐盟資助的專案計畫, 另外, REHVA 與國際上相關空調協會如美國 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)、中國 CCHVAC (China Committee of Heating, Ventilation & Air-conditioning) 印度 ISHRAE (Indian Society of Heating, Refrigerating &

Air-conditioning Engineers) 、日本 SHASE (The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan) 等均有簽訂相關合作協議備忘錄，以促進相關國際交流。

二、會議舉辦地點

本國際研討會每三年舉辦一次，2016 年在丹麥奧爾堡、2013 年在捷克布拉格、2010 年在匈牙利布達佩斯舉辦，本屆是數十年來首次在東歐國家舉辦的一屆，會議舉辦地點為羅馬尼亞首都布加勒斯特 (Bucharest) ，羅馬尼亞在 1989 年前為共產國家，直至 2007 正式加入歐盟，因此目前我國人民前去羅馬尼亞享有免簽待遇。至於首都布加勒斯特是羅馬尼亞最大的城市，也是政治、經濟、文化中心。若以人口計算，布加勒斯特是歐盟第六大都市。本次會議舉辦地點為羅馬尼亞國家圖書館 (National Library of Romania) ，該圖書館建於 1986 年，但在 1989 年革命之後因缺乏資金而一度暫停，2009 年新館重新建造並在 2011 年竣工，2012 年圖書館正式開放，該館樓地板面積達到 7 萬 8,000 平方公尺 (羅馬尼亞國家圖書館外觀詳圖 1 ，內部詳圖 2、3 所示) 。



圖 1 會議地點 (羅馬尼亞國家圖書館)

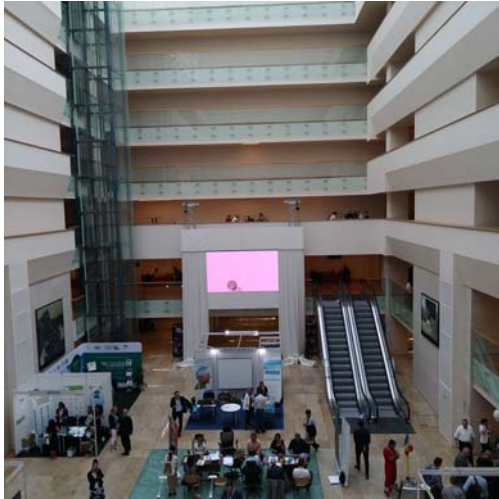


圖 2 國家圖書館內部

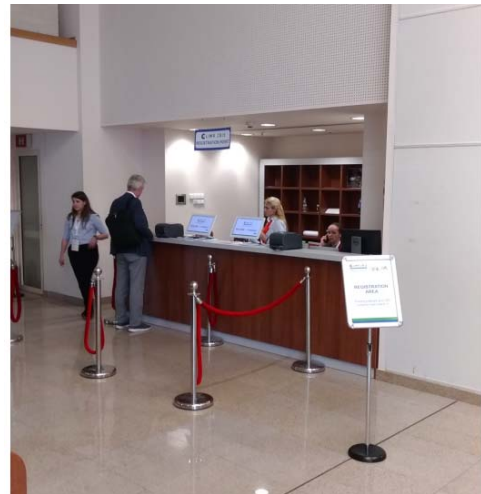


圖 3 大會報到處

肆、會議開幕式及展覽

一、開幕式及音樂會

本次會議舉辦日期為 5 月 26 日至 29 日，較為特別的是開幕式時間是 5 月 26 日星期日下午的 4 點半開始，開幕式於羅馬尼亞國家圖書館國際會議廳舉辦，開幕式第一個流程是全體起立唱羅馬尼亞國歌（圖 4），接著由 REHVA 副總裁 Cătălin LUNGU 教授致歡迎詞（圖 5），另外大會重要贊助商大金空調代表 Hilde Dhont 女士（圖 6），REHVA 前副總裁 Ioan Silviu DOBOSI 博士亦上台致詞（圖 7）。在開幕式的最後，大會安排了一個音樂會，由歌手 Ilie Stepan 等人率領的樂團進行演唱（圖 8），表演時間長達一個小時，結束後全場觀眾起立熱烈鼓掌，由此可以看出歐洲人對於音樂表演藝術的重視與熱愛。



圖 4 開幕式與會者起立唱國歌



圖 5 REHVA 副總裁 Cătălin LUNGU 教授致歡迎辭



圖 6 大會贊助商大金空調代表 Hilde Dhont 女士致歡迎辭



圖 7 REHVA 前副總裁 Ioan Silviu DOBOSI 教授致歡迎辭



圖 8 大會安排音樂表演

二、展覽活動及論文海報

本次主辦單位於會場安排小型展覽活動（會場詳圖 9），總共有 12 個廠商參加展覽，參展廠商包括空調主機、風管、BIM 系統、室內環境品質監測系統、智慧家電系統、熱泵、通風系統、潔淨冷媒等。此外本次大會共有 92 篇論文海報張貼於會場（詳圖 10）。



圖 9 國際研討會之展覽會場



圖 10 研討會論文海報

伍、會議重要內容概述

一、零耗能建築議題

本次會議中，零耗能建築（Zero Energy Building，以下簡稱 ZEB）是重要的議題之一，相關專題演講和論文發表均與 ZEB 主題相關，其中日本對於 ZEB 的推動，可說是較成熟也較具代表性的，專題演講中，大會邀請日本早稻田大學建築系田邊新一（SHIN-ICHI TANABE）教授，主講日本零耗能建築發展經驗。田邊教授 2001 年起任教於早稻田大學，目前是日本冷凍空調衛生工程學會（Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, SHASE）理事長。

田邊教授首先提到聯合國 2015 年發布的永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs），SDGs 規劃出 17 項永續發展目標及 169 項追蹤指標，作為未來 15 年內（2030 年以前），成員國跨國合作的指導原則，這份方針同時兼顧了「經濟成長」、「社會進步」與「環境保護」等三大面向，為了達到這個目標，聯合國推估每年需投入 2.5 兆美金，並且需要各國透過相關政策工具，促進永續目標的達成（詳圖 11），除了 SDGs，ESG(Environment, Social and Governance)、CSR (Corporate Social Responsibility) 的概念近年來也被高度重視，田邊教授演講中也提到建築產業應重視 ESG，所謂 E (environment) 即指對於環境的關懷，S (social) 則是對社會及文化的考量，而 G (Governance) 則是治理。在環境層面，必須考量能源消耗、生物多樣性、環境污染控制等；在社會層面則考量勞工的工作條件、工作安全、社區健康與安全、土地的佔用與非自願性遷徙、對於當地原住民之補償與照料、文化遺產之保存等，田邊教授認為零耗能建築（ZEB）便是建築產業對於 SDGs、ESG、CSR 的具體回應之一。為了證明建築產業對於 SDGs、ESG、CSR 的投資，並不必然對企業獲利造成衝擊，田邊教授提到一個有趣的研究，該研究將建築物的租金報酬和日本綠建築標章(CASBEE)分數進行迴歸分析，發現分數越高，租金也越高（詳圖 12）。



圖 11 田邊教授講述永續發展目標 (SDGs)

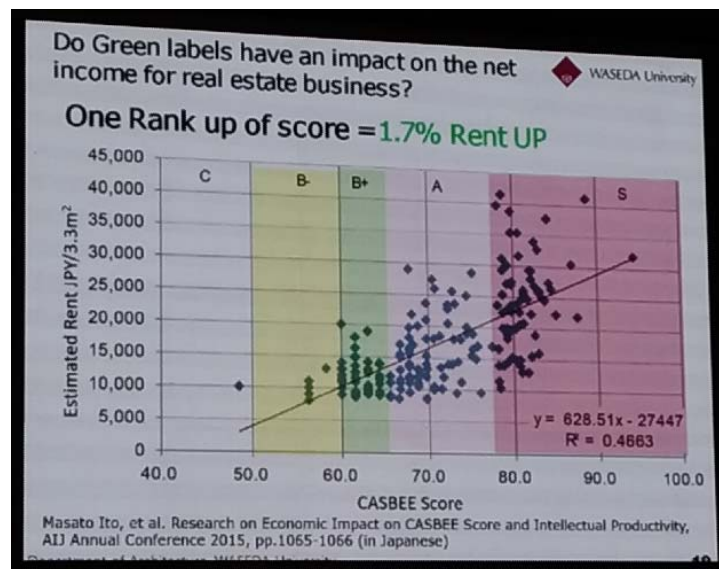


圖 12 田邊教授講述租金收入與 CASBEE 分數之相關性

另外，田邊教授特別強調著名的 Kaya 恆等式(圖 13)，國際間許多重要的能源研究單位皆應用此公式，如跨政府氣候變遷委員會(IPCC)、美國能源情報署(EIA)和國際能源總署(IEA)均引用此方法探討全球能源相關之 CO₂ 排放問題，我國的溫室氣體排放清冊也引用此公式之概念。該公式是日本學者 Yoichi Kaya 提出，Kaya 恆等式將 CO₂ 排放的關鍵指標拆解為 (1)式，即將 CO₂ 排放歸因於：人口、人均 GDP、能源密集度與碳排

放係數。能源密集度通常與產業結構及節能有關，而碳排放係數則與能源供給結構有關。零耗能建築的再生能源有助於降低能源碳排放係數，而建築節能則可提高能源使用效率。

$$CO_2 = (CO_2/Energy) \times (Energy/GDP) \times (GDP/P) \times P \dots\dots\dots(1)$$

其中：

CO₂ = CO₂ 排放量

P = 人口數

GDP = 國民生產毛額

Energy = 國內能源消費量

GDP / P = 人均GDP

Energy / GDP = 能源密集度，每單位GDP之能源消費量(此指標越低表示能源使用效率越好)

CO₂ / Energy = 能源碳排放係數，每單位能源消費之CO₂排放量(此指標越低，表示該國採用較為潔淨之能源)

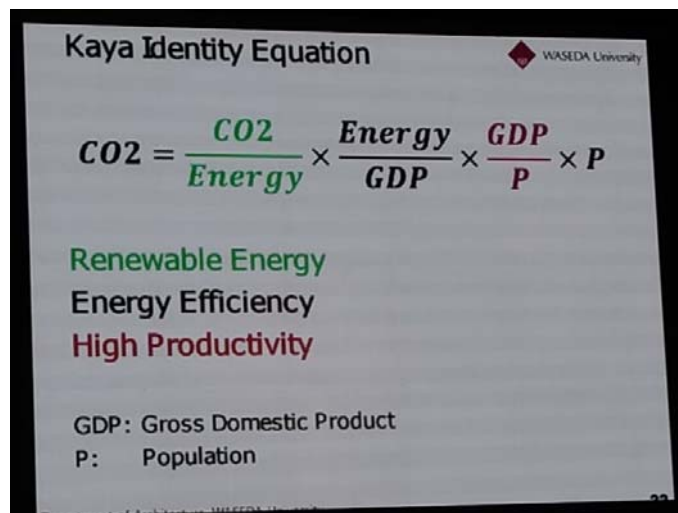


圖 13 田邊教授講述 Kaya 恆等式

有關零耗能建築（ZEB）部分，田邊教授用一張投影片清楚地介紹了日本 ZEB 的定義，其中，「ZEB Ready」係指在空調、照明、熱水供應、通風、電梯等項目，節能 50%的建築，「Nearly ZEB」係指節能超過 75 %的建築，「ZEB」指降低 100%的能源消耗量，但若使用再生潔淨能源

（例如屋頂太陽能光電）則不計入能源消耗量。另外，值得注意的是，在許多關於 ZEB 的文獻或資料中，較少看到 ZEB 精準的定義，但從田邊教授的投影片中了解說中（圖 14），清楚看到日本對於 ZEB 的定義是將家電用品（電視、冰箱、洗衣機等）的能源消耗量排除，由於家電的能源消耗量約占建築耗能的一半，因此，不計這部分的耗電量，將使 ZEB 不再是遙不可及的目標。

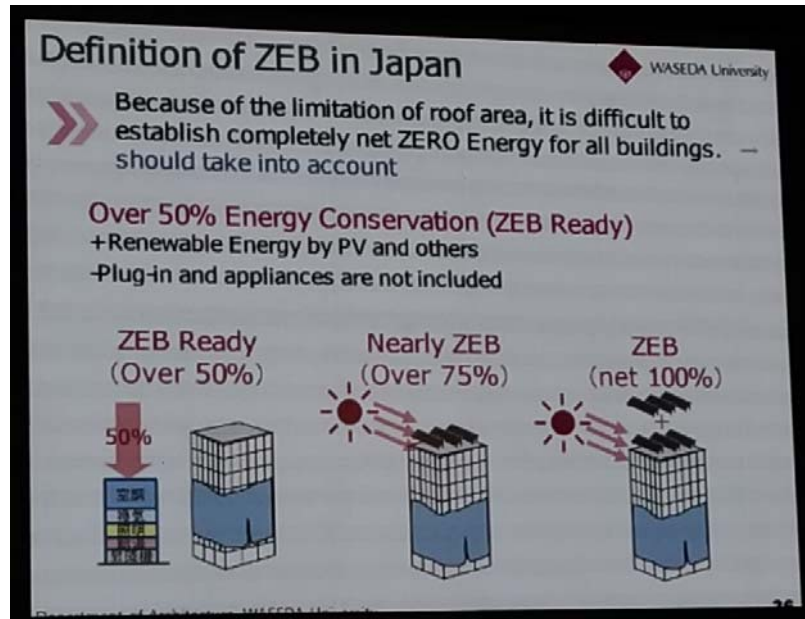


圖 14 田邊教授講述日本 ZEB 定義

此外，日本為因應建築物能源消耗量的增加，於 2015 年 7 月 8 日訂定「建築節能法」，該法將住宅類建築納入建築能效標示制度 BELS(Building Energy-efficiency Labeling System)，過去該制度申請對象並不包括住宅類建築，新法令則將住宅類建築納入評估。BELS 標示制度共分 5 個星級（如表 1 及圖 15），5 顆星為最高等級，其分級係以建築能源指標（Building Energy Index, BEI）作為分級依據，BEI 定義為：「建築設計能耗/基準能耗」，因此，BEI 越低表示建築能耗越小，此處仍須強調，BEI 定義之能耗僅包括空調（含供冷、供暖）、通風、熱水供應、照明，但不包括其餘家電。

表1 日本 BELS 標示分級制度

等級	住宅用途	事務所、學校、工廠	旅館、醫院、百貨公司、餐廳、集會所
☆☆☆☆☆	$BEI \leq 0.8$	$BEI \leq 0.6$	$BEI \leq 0.7$
☆☆☆☆	$0.8 < BEI \leq 0.85$	$0.6 < BEI \leq 0.7$	$0.7 < BEI \leq 0.75$
☆☆☆	$0.85 < BEI \leq 0.9$	$0.7 < BEI \leq 0.8$	$0.75 < BEI \leq 0.8$
☆☆	$0.9 < BEI \leq 1.0$	$0.8 < BEI \leq 1.0$	$0.8 < BEI \leq 1.0$
☆	$1.0 < BEI \leq 1.1$	$1.0 < BEI \leq 1.1$	$1.0 < BEI \leq 1.1$

本報告製表



圖片來源：<https://www.jio-kensa.co.jp/inspection/bels/>

圖 15 日本 BELS 標示系統

最後，田邊教授介紹了幾個日本代表性的零耗能建築（ZEB），概要介紹如下：

1. 神奈川縣開成町市政廳:該案是日本第一個獲得「Nearly ZEB」認證的市政廳，該建築降低了 55.1%的建築耗能量，如果加上太陽能光電，則降低了 79%的能源消耗，該建築設計了浮力通風、大面積的外遮陽、自然採光、LED 照明、VAV 空調、地熱系統等節能措施（圖 16）。
2. 小平市 LAWSON 便利商店：LAWSON 是日本連鎖便利商店，2017 年開幕的小平市 LAWSON 便利商店節能達到 61%，該便利商店安裝大量的太陽能光電板，並且應用尖端的儲冰系統，降低空調耗電量（圖

17)。

3. 琉球下地島機場：該機場最大的特色是大量使用直交積層材 CLT（Cross Laminated Timber）作為建築外殼及結構，由於木構造具有良好隔熱性能，因此該建築物空調耗能大幅降低，該建築物能耗降低達到 68%，獲得「ZEB Ready」認證（圖 18）。
4. 早稻田大學體育場：該體育館地下兩層，地上四層，最大的特色是整個屋頂都採用綠屋頂的設計，該設計有助於屋頂隔熱，另外該體育館地下兩層是主要的運動場館，包括兩個籃球場和五個羽毛球場，這些場館雖然都位於地下室，但是晝光都可以透過周圍玻璃帷幕穿透到室內。該建築物可降低 61% 建築耗能，獲得「ZEB Ready」認證（圖 19）。

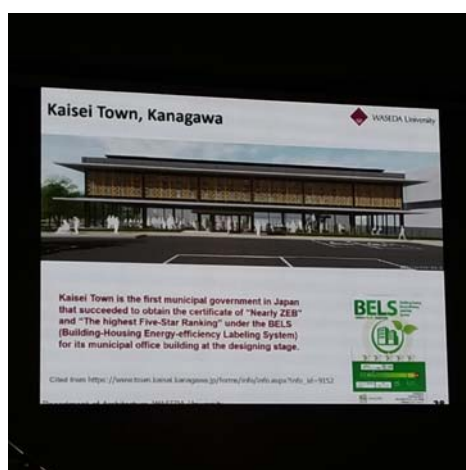


圖 16 神奈川縣開成町市政廳



圖 17 小平市 LAWSON 便利商店



圖 18 琉球下地島機場



圖 19 早稻田大學體育場

二、紫外光殺菌應用於室內空氣品質之改善

本次大會另一專題演講係邀請賓州州立大學(Pennsylvania State University)建築系教授，也是該系室內環境中心(Director of Indoor Environment Center)主任 Willian P. Bahnfleth 教授主講紫外光應用於室內病毒與細菌控制的議題(詳圖 20)。Willian 教授在伊利諾大學取得博士學位，目前從事建築室內環境控制的研究，並於 2013 及 2014 年擔任過 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) 主席。在室內環境控制的研究領域中，微生物的控制是相當重要的課題，因為這對於個人健康和整體國家經濟都有不容忽視的影響，對於居住者而言，室內環境不良會導致生活品質下降、孕婦早產、一般民眾的死亡率上升，對整體國家而言，室內空氣品質不良會造成生產力下降，醫療及健保支出提高。Willian 教授提到，根據 WHO 的統計，在已開發國家中，大約 7%的醫院病人和 30%的加護病房病人，會在住院期間受到至少一種感染，在開發中或未開發中國家，感染的比例更高，在歐洲每年超過 3.7 萬人因為院內感染而死亡，在美國每年則有 9.9 萬人死於院內感染，而醫院的空調、通風、暖氣系統是感染控制的重要環節，尤其必須降低空氣中傳染性氣膠(infectious aerosols)及懸浮微粒的數量，因為這些肉眼看不到的微粒會提高病毒及細菌的傳輸能力，過去醫院的治療僅著眼於以藥物(例如抗生素)控制感染，但是近來室內環境控制的技術逐漸被重視，傳統的作法大多是大量引入外氣及加大空氣換氣率、使用高效率的空氣過濾器，但是這些都會大量耗用能源。近年來光輻射(Optical Radiation)的運用越來越廣泛，這樣的運用是因為科學家發現某種波長的光可以用來殺菌，而且相對於使用抗生素，光輻射不會造成抗藥性(drug resistance)的問題，Willian 教授介紹了紫外光(Ultraviolet, 簡稱為 UV)殺菌的運用。紫外光為波長在 10nm 至 400nm 之間的電磁波，波長比可見光短，但比 X 射線長。太陽光中含有部分的紫外線，

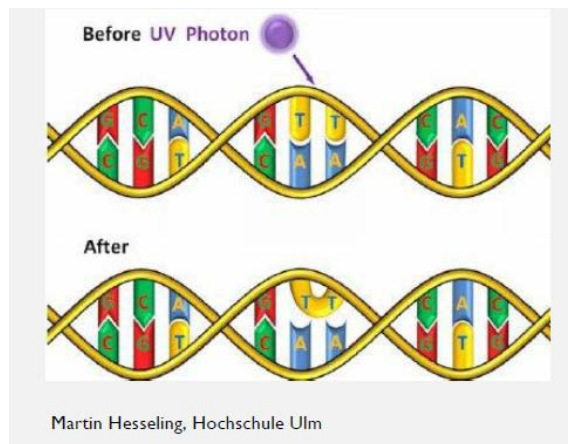
電弧、水銀燈、黑光燈也會發出紫外光。雖然紫外光不屬於游離輻射，但紫外線仍會引發化學反應與使一些物質發出螢光。紫外光依據波長分為三種：

1. 紫外線 A (UVA)：波長較長，波長介於 320~400 奈米，可穿透雲層、玻璃進入室內及車內，可穿透至皮膚真皮層，會造成曬黑。
2. 紫外線 B (UVB)：波長居中，波長介於 280~320 奈米，會被臭氧層所吸收，會引起曬傷及皮膚紅、腫、熱及痛，嚴重者還會起水泡或脫皮。
3. 紫外線 C (UVC)：波長介於 100~280 奈米，但由於 200 奈米以下的波長為真空紫外線，故可被空氣吸收，因此紫外線 C (UVC) 可穿越大氣層的波長介於 200~280 奈米，其波長越短、越危險，但又由於可被臭氧層所阻隔，只有少量會到達地球表面。

地球的臭氧層阻絕了 97-99% 穿透大氣層的紫外線輻射，到達地球表面的紫外線 98.7% 是 UVA。Willian 教授的研究顯示，波長 254nm 紫外線 (UVC) 的殺菌能力是強烈直射日光的數千倍。由於生物的 DNA 在波長 260nm 附近具有最大吸收能力，所以利用其附近波長的紫外光來照射 DNA 和 RNA 分子，DNA 和 RNA 會因為吸收能量而結構受損（詳圖 21）。DNA 和 RNA 為基因的主體，因此達到抑制細菌繁殖或是殺菌的功效。



圖 20 Willian 教授專題演講

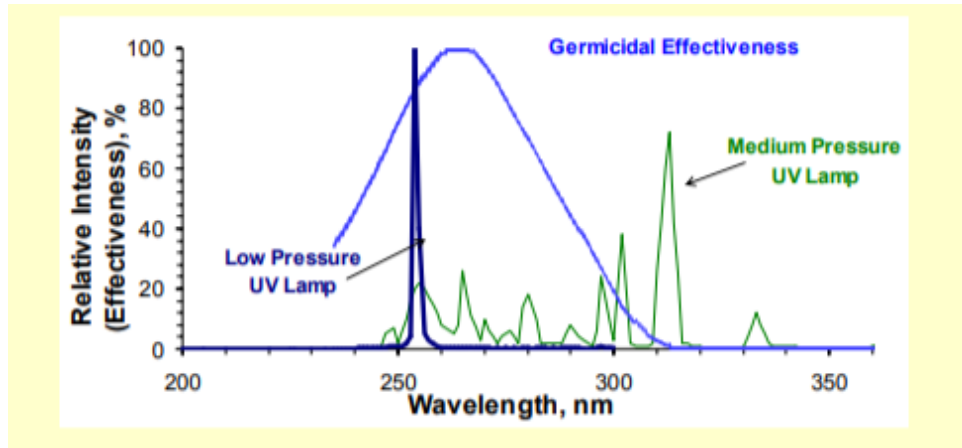


圖片來源：Willian教授簡報

圖 21 UVC 破壞 DNA 原理示意圖

相較於過去以過濾方式去除空氣中細菌或微粒，紫外光殺菌照射法（Ultraviolet germicidal irradiation, UVGI），不僅殺菌效果更好，且對於能源的耗用也較低，設備建置費用也較為低廉，當然，UVGI也可以和傳統通風、過濾的方式合併使用，紫外光是由汞蒸汽燈（Hg vapor lamp）產生，汞蒸汽燈有又分低壓與中壓汞燈，兩種汞燈發射出之光譜是不同的，由圖22顯示，低壓汞燈產生的紫外光，有90%以上屬於UVC，波長集中於254nm附近，而中壓汞燈產生的紫外光光譜較為分散，Willian教授試驗結果顯示，低壓汞燈適合應用於空氣中的殺菌，但是中壓汞燈所產生的紫外光則適用於皮膚病的

治療及水中殺菌，若將低壓汞燈使用於空間中的殺菌，一般而言，有三種設計方式，一種是將光源直接裝置於空間中較高的位置，第二種是將光源裝置於空調管道內進行殺菌，第三種是移動式光源（詳圖23所示）。



圖片來源：Willian教授簡報

圖 22 低壓汞燈產生的紫外光有 90%以上屬於 UVC，適合殺菌

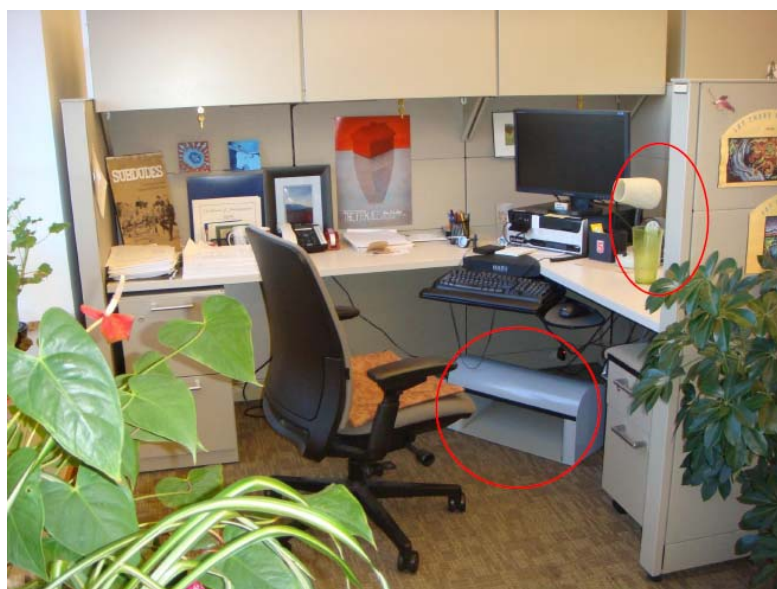


圖片來源：Willian教授簡報

詳圖 23 移動式 UVC

三、應用個人熱舒適系統提高熱舒適性

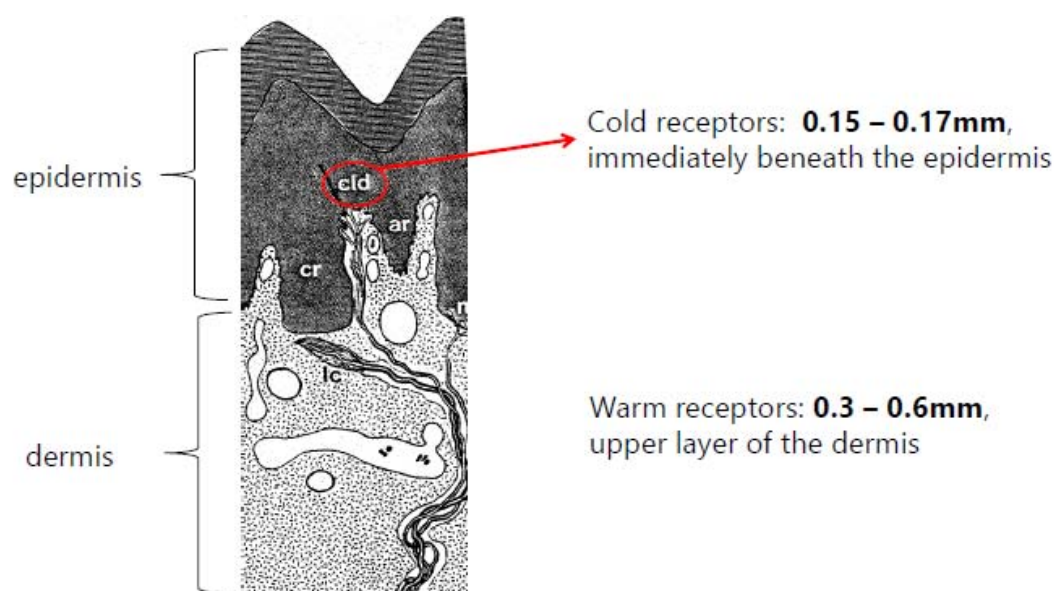
全世界有越來越多的室內空間，採用空調的方式控制室內的溫度及濕度，空調系統有可視化的設計，也易於控制，但是空調卻消耗大量的能源與電力，而且根據調查，至少有 20% 的使用者，對於空調系統仍不滿意。本次會議有幾場專題演講及論文發表不約而同提到個人熱舒適系統（Personal Comfort Systems, PCS），例如加州柏克萊大學的建築環境中心（Center for the Built Environment）Zhang 教授就提出這個有趣的設計概念，所謂個人熱舒適系統包括可以升溫或降溫的椅子、暖腳器、個人風扇等（如圖 24），其概念接近局部照明的概念，例如為了提供足夠的閱讀照度，可以以檯燈進行照明，無需整個空間提高照度，空調的概念也是如此，為了提供舒適度，未必要整個空間同步升溫或降溫，PCS 可以降低中央空調系統的耗能。另外，根據研究，每個人覺得舒適的溫度，差異可以達到 3 度，PCS 便可以根據每個人的喜好進行溫度的調整，提高使用者的滿意度。



圖片來源：Zhang 教授簡報

圖 24 個人熱舒適系統（personal comfort systems, PCS）

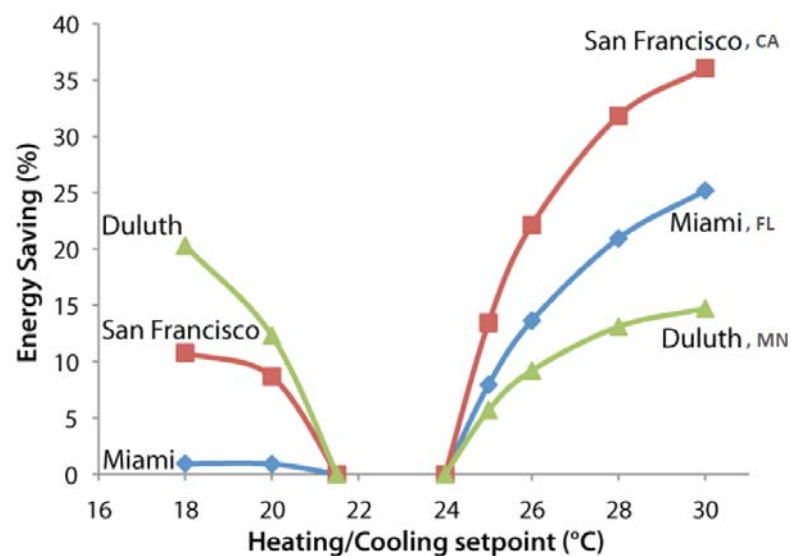
PCS 的研究係以生理構造學為基礎，研究顯示，人體的冷受體（Cold Receptors）較暖受體（Warm Receptors）數量多，分佈的位置也較淺，冷受體分佈在人體表皮，暖受體分佈在真皮層（如圖 25），因此人體對於冷的感覺相對較為敏感也快速，此外，身體不同部位對冷熱的敏感度也不同，感覺舒適的溫度也不同，例如，在低溫的環境下，人的四肢末端或覺得較冷，但在高溫的狀態下，頭和臉部會覺得比較熱，腳的部分就沒有那麼敏感。在冬天的時候，可以透過溫腳器和手部暖氣，來提高舒適度而在夏天的時候，可以透過個人風扇和能降溫的椅子提高個人舒適度。



圖片來源：Zhang 教授簡報

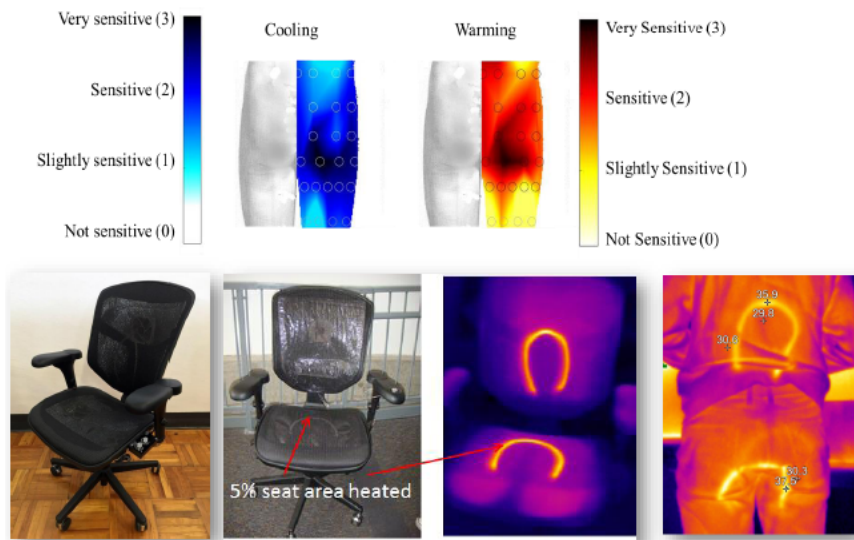
圖 25 冷、熱神經受體分佈位置

根據張博士的研究，空調溫度的設定對於空調耗能影響甚大，夏天的時候，將空調溫度提高一度（例如從 25 度調高為 26 度），約可節省 5 ~15%的耗電量，例如在加州的舊金山就可以節省約 15%的耗能，但是在五大湖區的明尼蘇達州杜魯斯（Duluth），因為處於溫帶地區，節省的電量較少，反之，冬天的時候，暖氣溫度降低一度，杜魯斯可以降低約 7.5 的空調耗能，高於舊金山及邁阿密（圖 26），因此，若能以 PCS 輔助現有空調系統，以降低空調的負載，則可以發揮可觀的節電效益，也可以滿足不同使用者對熱舒適度的偏好。基於這樣的初衷，過去的 15 年裡，加州柏克萊大學的建築環境中心持續進行 PCS 的研發，透過量測和繪製人體的溫度敏感性地圖所研發的空調椅，可以達到最高的節能效益，目前該中心研發的一款 PCS 椅子（圖 27），供暖只需 14 瓦，製冷只需 3 瓦，這款椅子可以降低 50%的空調耗能，並將使用者對熱舒適性的滿意比例，從 50%提升至 80%。



圖片來源：Zhang 教授簡報

圖 26 空調設定溫度與節能關係



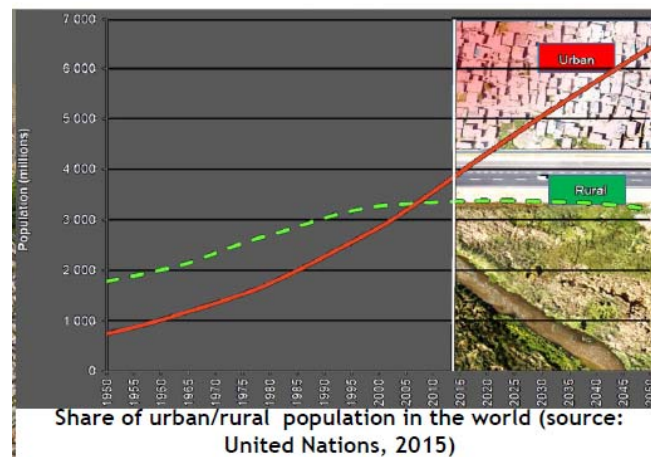
圖片來源：Zhang 教授簡報

圖 27 根據人體的溫度敏感性地圖所研發的 PCS 椅子

四、熱島效應分析與對策

全球都市熱島效應的問題在本次會議也是重要議題之一，法國拉羅謝爾大學(Université de La Rochelle)土木系 Francis 教授的演講中，特別提到，近年來，全球人口結構發生了一個值得注意的現象，過去鄉村人口總數一直大於都市人口，這個現象在大約十年前發生翻轉，都市人口超越鄉村人口（圖 28）。

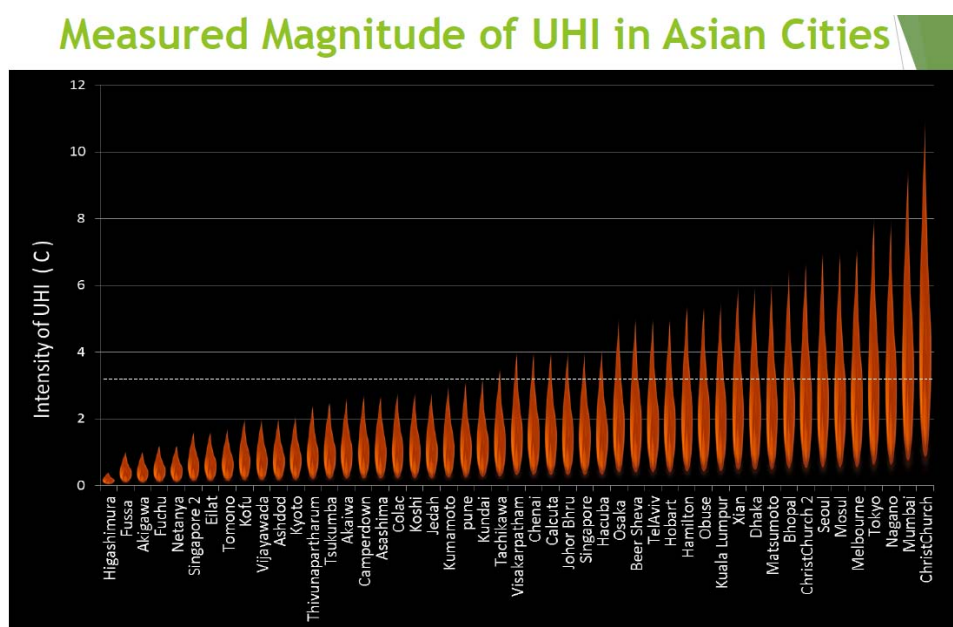
Context - Urban Densification



圖片來源：Francis 教授簡報

圖 28 全球都市人口及鄉村人口結構變化圖

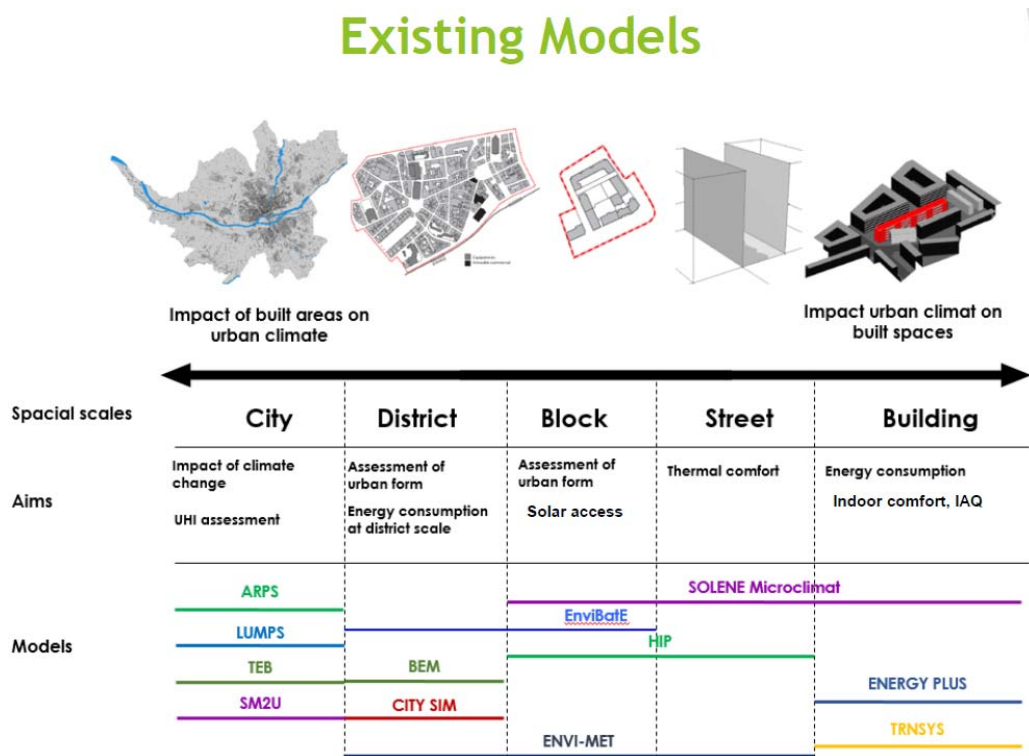
根據一個針對亞洲 100 個城市熱島效應的研究顯示，部分城市熱島效應造成的溫差，甚至高達攝氏 10 度（例如紐西蘭的基督城, Christchurch），亞洲前五大熱島效應最嚴重的城市依序為：基督城、孟買、長野、東京、墨爾本（圖 29），相關研究也顯示人口密度和都市熱島呈線性相關，另一方面，由於都市溫度的上升，將導致空調耗能的增加，研究顯示，溫度越高，空調的 COP 值（Coefficient Of Performance）也會降低，都市的電力消耗明顯增加。除了對電力消耗的影響之外，研究也顯示，溫度越高臭氧濃度也越高。



圖片來源：Francis 教授簡報

圖 29 亞洲城市熱島效應程度比較圖

至於熱島效應的模擬與推估部分，依據不同空間尺度，從建築、街道、社區、區域/區段到城市，有不同的解析軟體，例如用來分析建築耗能的軟體包括：ENERGY PLUS、TRNSYS 等，至於城市尺度的熱島效益評估與微氣候變化則適合使用 ARPS、LUMPS、TEB、SM2U 等解析軟體（圖 30），大多數的狀況下，不同尺度的解析軟體間，並不是互相獨立的，例如都市熱島效應影響了建築耗能，而建築材料的蓄熱情形及街道的通風、社區的日照情形又影響了熱島效應，彼此間的耦合效應，往往造成分析上的困難。



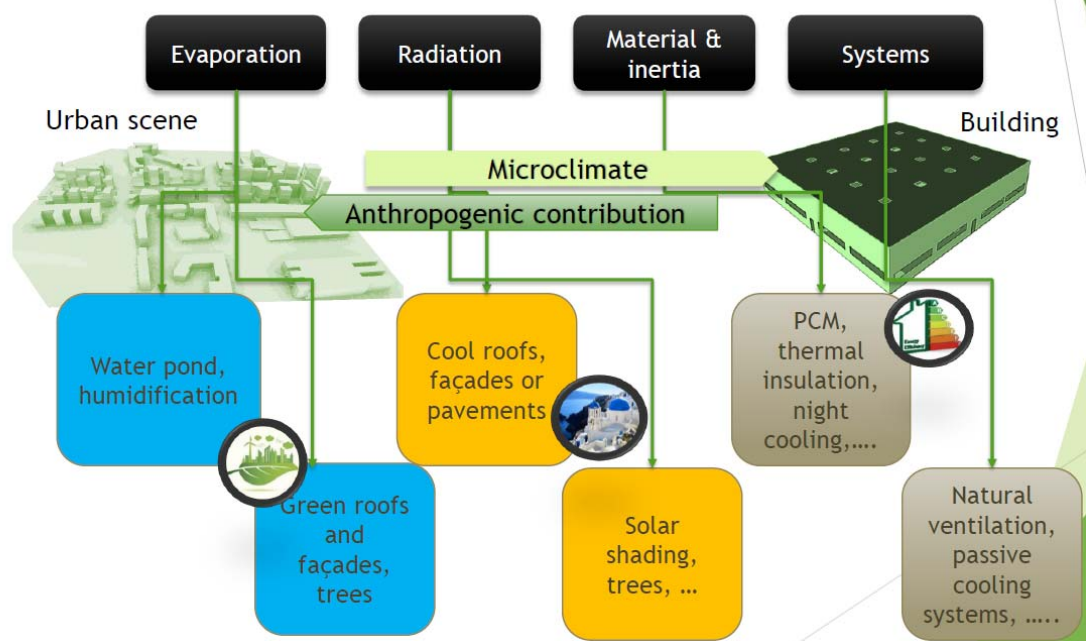
圖片來源：Francis 教授簡報

圖 30 不同空間尺度之解析軟體彙整圖

Francis 教授認為，長期而言，解決熱島效應還是必須從城市設計及城鄉規劃的源頭著手，但短期而言，仍須透過相關科技解決都市熱島的問題。為了量化各種策略和技術的效益，必須先能評估及預測熱島效應的程度，同時也必須能掌握都市氣候學，尤其必須能找到建築環境及當

地氣候間的關連性。Francis 教授提出的可行的熱島效應解決方案包括：增加城市水體面積（如池塘及濕地）、增加綠地面積、採用冷屋頂（Cool Roofs）、透水鋪面或冷鋪面（Cool Pavement）、建築採用遮陽設施、高反射材料、隔熱材料、相變材料（Phase Change Material），建築採用通風設計、被動製冷系統（Passive Cooling System），詳圖 31 所示。

Climate adaptation strategies at district and building scale



圖片來源：Francis 教授簡報

圖 31 都市熱島的調適策略

陸、會議閉幕式及音樂會

本屆會議閉幕式在 5 月 29 日下午召開，閉幕式簡單隆重，首先由大會總結相關成果，本屆會議共 1056 人次參與，參與人員涵蓋 40 個國家，並有 15 個贊助廠商、22 個展覽廠商、19 個分組會議及 13 個國際機構共同協辦（詳圖 32），閉幕式中，並無冗長的致詞流程，而是邀請所有工作人員及工讀

生上台，與會人員給予熱烈掌聲以示感謝（圖 33），最後大會安排了大約一小時的兒童合唱團演奏表演，活動在悠揚的樂聲中圓滿結束（圖 34）。



圖 32 閉幕式總結會議成果



圖 33 閉幕式工作人員上台接受掌聲



圖 34 閉幕式兒童合唱團表演

柒、心得與建議

本次奉派赴羅馬尼亞參加「13th REHVA World Congress CLIMA 2019」國際研討會，獲致幾點心得及建議如下：

一、心得

(一)、本國際研討會主辦單位結合產業界資源共同主辦，會議內容兼具理論與實務，參與會議之收穫豐富。

本國際研討會主辦單位，歐洲供暖、通風和空調協會結合了相關國際跨國企業（如日本大金空調公司）共同協辦及贊助，在會議內容的安排上，亦兼具理論與實務應用，例如專題演講特

別安排大金空調的環境研究中心 Hilde Dhont 女士主講大金公司的節能技術與企業責任，另外，也安排空調產品的第三方認證公司 Eurovent Certita Certification、設備廠商 Halton Grup、羅馬尼亞當地營建公司 P.A.B Romania 等代表進行專題演講，這些演講讓與會者對於產業發展趨勢及新產品、新技術有更深入的瞭解，另一方面，國際間大型空調業者與營建產業，對於全球能資源消耗及暖化議題的高度關注及積極作為，亦令人印象深刻。

(二)、個人熱舒適系統及紫外光殺菌技術，有助於提升室內環境品質，國外跨領域的發展經驗值得我國參考借鏡。

由於臺灣位處高溫高濕氣候區，且人口密度高，室內空氣品質及空調耗能的問題不容忽視，本次研討會中有關個人熱舒適系統及紫外光殺菌技術的研究，均具有降低空調耗能的特色，且不需鉅額的設備建置費用，在臺灣應有應用的潛力，另外，國外在發展這兩項技術，都是整合跨領域的研究人力，例如，以個人熱舒適系統而言，該系統是以人體生理構造學為研發基礎，而紫外光殺菌則與環境醫學等專業領域相關，國外在這兩項技術的研發成果與發展經驗，值得我國參考借鏡。

二、建議

(一)、先進國家已積極發展零耗能建築（ZEB），我國應持續進行相關議題之研究或資料蒐集：

綜觀本次國際研討會專題演講及論文發表方向，可發現不論是日本或歐盟等先進國家均積極推動零耗能建築（ZEB），且已建立相關推動機制與推動案例，惟零耗能建築並非意味著建築物真的可以達到完全不消耗能源，以日本定義的 ZEB 而言，家電用品（電視、冰箱、電腦、洗衣機等）耗能是不採計在建築耗能中，因此扣除家電用品的電力消耗，建築物所需的電力較有可能以再生能源補足。由於不同國家對於零耗能建築的計算與定義

有所差異，推動策略亦不盡相同，建議未來可以持續進行相關議題的研究或資料蒐集。

(二)、未來辦理研討會可多邀請民間業者分享產業技術發展現況，以促進產學交流與合作：

由於本次 CLIMA 研討會是民間公協會主辦的國際研討會，會議聚焦於產業技術的交流和產業趨勢的分享，因此，產業界較易產生共鳴，從國際間相關的推動經驗亦可看出，國外的企業界、相關公協會、非政府組織等，在節能產業、綠色經濟的整體推動工作上扮演重要的角色，而在台灣，許多建築、建材及設備廠商亦有可觀的技術水準與研發能量，但似較為缺少宣導推廣的平台與機會，因此，未來辦理相關研討會或講習會，亦可考量邀請業者進行資訊的分享與交流，共同協助產業轉型與升級。