

出國報告（出國類別：開會）

赴新加坡
「參加**2018國際綠建築研討會**
(International Green Building
Conference 2018) 及參訪當地
綠建築」

服務機關：內政部建築研究所

姓名職稱：呂簡任研究員文弘

派赴國家/地區：新加坡

出國期間：107 年 9 月 3 日至 107 年 9 月 8日

報告日期：中華民國 107 年 12 月 5 日

摘要

關鍵字：綠建築、新加坡、綠建築國際研討會

為瞭解國際間對於綠建築暨環境永續議題上的政策架構與推動成果，本計畫安排參加2018年9月5日至9月7日於新加坡舉辦的2018國際綠建築研討會(International Green Building Conference, IGBC)，瞭解各與會國家在綠建築案例、智慧低碳營建、綠建築商業模式、健康居住環境、智慧社區、生態親和城市與綠建築技術交流會議等議題之執行現況；另參訪當地綠建築，並蒐集國際綠建築、智慧城市與建築科技研發相關趨勢與資訊。除了加強與各國相關領域之專家學者交流之外，更可藉由研討會之參與了解今後國際上永續智慧綠建築之推動方向，對於本所推動創新低碳綠建築、近零能源建築以及智慧社區發展等相關研究領域有所啟發，並可作為本所相關科技計畫內容與研究課題之研擬參考，對於我國擴大綠建築相關技術與永續推動亦有相當助益。

國際綠建築研討會由新加坡建設局主辦，新加坡綠建築協會 (Singapore Green Building Council, SGBC)協辦，並結合「2018年亞洲綠建築及室內裝飾展」(Build Eco Xpo (BEX) Asia) 及「2018年新加坡國際冷凍空調設備展」一併舉行，提供綠建築供應商展示維護生態及具節能效益的建築材料、設計與建材的會展平台，藉由營建產業代表、政策決策者、建築環境永續設計領域專業人士的共同研討交流，分享國際間在綠建築技術與政策規劃執行的經驗與心得，進而推動國際合作產業商機。會中邀請綠建築產業市場快速成長區域的重要人士，解析政府部門就綠建築發展提出的解決方案、政策和規劃藍圖，相關領域專家學者也在會上分享綠建築領域的最新研究與技術發展成果。本次研討會及展覽活動計有來自50個國家，10,775位專家學者與各界人士參與，其中100餘位專家學者分別在研討會22場次分項議程中發表分享綠建築執行經驗與研究成果，獲益良多。

本計畫另安排參訪新加坡當地的綠建築標章案例，包括南洋理工大學北區學習中心(The ARC)、國科大廈(Guoco Tower)、住宅社區綠建築(The Interlace) 及新加坡大學校園綠建築等，瞭解位處赤道線上熱帶雨林氣候區的新加坡，因應發展出的永續環境規劃與綠建築設計技術，包括建築綠化、隔熱、外遮陽、自然通風、空調換氣、節水及水資源再利用等，並導入資通訊技術提升建築智慧化與管理維護水準，同時強化產官學研的跨域整合，充分展現新加坡在建構健康宜居環境與共同推動地球永續發展的努力。

新加坡以政府機關主導推動綠建築研討會，並配合綠色營建產業發展需要，規劃綠建築週系列活動，邀集公私部門團體與產學各界共同參與，建立綠建築產業國際交流平

台，主導東南亞地區甚至於國際發展的先機。我國自1999年推動綠建築標章制度以來，節能減碳成效可觀，未來如能參考本次考察所見之跨域整合經驗，搭配大型產業會展、案例參訪、技術研習及國際合作模式，並擴大推動境外綠建築評定認可，應有助於我國推動環亞熱帶綠建築產業熱區的發展。

目次

壹、目的.....	1
貳、行程.....	2
參、參加「2018 國際綠建築研討會(International Green Building Conference 2018)」	3
肆、參訪新加坡綠建築案例.....	22
伍、心得與建議.....	39
陸、參考文獻.....	41

表次

表 2.1 參加「2018 國際綠建築研討會(International Green Building Conference 2018)」及參 訪當地綠建築行程表.....	2
---	---

圖次

圖 3.1 2018 國際綠建築研討會 (IGBC) 大會議程及行動 App	4
圖 3.2 國際間推動低碳居住環境建築理念的重要城市建築介紹	5
圖 3.3 特邀專題演講與討論	5
圖 3.4 推動既有建築節能與性能驗證	6
圖 3.5 生命週期實現淨零能源經驗分享	7
圖 3.6 淨零能源建築、城市、國家的推動策略解析分享	8
圖 3.7 WGBC 分享淨零能源行動	9
圖 3.8 WGBC 分享淨零能源案例	10
圖 3.9 世界綠建築協會參與淨零能源的會員分布	10
圖 3.10 新加坡建設局分享超低能源建築計畫	11
圖 3.11 新加坡建設局分享超低能源建築計畫案例	12
圖 3.12 新加坡管理大學永續綠色校園節能節水成效分享	13
圖 3.13 新加坡管理大學永續綠色校園願景分享	13
圖 3.14 Arnoud de Mayer 教授分享邁向綠色永續城市校園經驗	14
圖 3.15 邁向智慧設施管理操作之路分享	14
圖 3.16 柏克萊勞倫斯實驗室分享淨零能源建築的推動策略與誘因	15
圖 3.17 柏克萊勞倫斯實驗室分享 FLUXLAB 的研發經驗	16
圖 3.18 智慧能源管理相關論文發表	16
圖 3.19 智慧綠建築相關論文發表	17
圖 3.20 與新加坡建設局戴禮翔副局長及國際開發司許麟濟司長交流合影	18
圖 3.21 與越南建築師協會代表交流綠建築推動經驗	18
圖 3.22 與新加坡建築業交換我國境外版綠建築評估系統經驗	19
圖 3.23 綠建材展覽會場 (Build SG) 參觀台達電子展區	19
圖 3.24 綠建材展覽會場 (Build SG) 參觀玻璃隔熱膜測試與智慧化展示項目	19
圖 3.25 垂直立體綠化技術展示	20
圖 3.26 整合資通訊技術之環境監測設備	20
圖 3.27 鋁框構造窗的隔熱性能比較	20
圖 3.28 與成功大學李訓谷教授及江逸彰研究員於展覽攤位合影	21
圖 3.29 與成功大學李訓谷教授等臺灣參展人員一行合影於展覽攤位	21

圖 4.1 南洋理工大學代表解說北區學習中心(The ARC)設計理念	23
圖 4.2 南洋理工大學北區學習中心(The ARC)位置圖及日照方位圖	24
圖 4.3 北區學習中心(The ARC) 平面圖	24
圖 4.4 北區學習中心(The ARC)綠建築與水資源設計性能	24
圖 4.5 北區學習中心(The ARC)空調節能與自然通風模擬分析	25
圖 4.6 北區學習中心(The ARC) 高能效機械設備與創新綠建築設計方向	25
圖 4.7 北區學習中心圓形中庭天井及立面鉛格柵外遮陽	25
圖 4.8 教學研究輔導室落地 low-e 玻璃隔間及智慧預約門禁系統	26
圖 4.9 教學研究輔導室簡易裝修及明管配管	26
圖 4.10 北區學習中心(The ARC) 立面鉛格柵外遮陽與壁面豎穴空調風口	27
圖 4.11 安全監控網路末端裝置(牆面及天花板)	27
圖 4.12 北區學習中心圓形中庭天井自然採光與電動內遮陽簾介紹	27
圖 4.13 國科大廈綠建築設計理念與模型	29
圖 4.14 國科大廈設計意象模擬及建築空間分區介紹	29
圖 4.15 國科大廈設計意象模擬及建築空間分區介紹	29
圖 4.16 國科大廈太陽方位圖及太陽日照軌跡	30
圖 4.17 國科大廈綠建築設計發展與商業服務空間配置介紹	30
圖 4.18 國科大廈外牆熱性能設計與立體綠化介紹	30
圖 4.19 國科大廈太陽光電與雨水收集處理系統介紹	31
圖 4.20 國科大廈雨水收集處理設備與智慧停車引導系統	31
圖 4.21 The Interlace 南向及西南向立面	32
圖 4.22 The Interlace 設計模型及中庭俯視	33
圖 4.23 The Interlace 位置及太陽方位圖	33
圖 4.24 The Interlace 西北向及西南向立面外觀	33
圖 4.25 The Interlace 西向及南向立面外觀	34
圖 4.26 花園城市中的 The Interlace 立面外觀	34
圖 4.27 新加坡大學產學創新研發中心綠建築	35
圖 4.28 新加坡大學校園位置及配置圖	35
圖 4.29 耶魯學院宴會交誼廳	35
圖 4.30 耶魯學院宴會交誼廳棟外觀	36

圖 4.31 耶魯學院滲透水設施.....	36
圖 4.32 耶魯學院中庭老樹及複層綠化.....	36
圖 4.33 耶魯學院中庭生態水池及遮陽板.....	36
圖 4.34 耶魯學院宿舍棟及入口天方地圓一景.....	37
圖 4.35 學生活動中心外觀及餐廳自然換氣.....	37
圖 4.36 學生宿舍棟複層屋頂及太陽光電外遮陽板.....	37
圖 4.37 教學棟外遮陽與走廊採光.....	37
圖 4.38 教學棟中庭保留老樹融合設計.....	38
圖 3.39 本計畫執行人員於新加坡大學校園與耶魯學院留影.....	38
圖 3.40 與王才強教授合影於新加坡大學校園.....	38

壹、 目的

國際綠建築研討會(International Green Building Conference, IGBC)，是由新加坡建設局主辦，新加坡綠建築協會 (Singapore Green Building Council, SGBC)協辦，藉由營建產業代表、政策決策者、建築環境永續設計領域專業人士的共同研討交流，分享國際間在綠建築技術與政策規劃執行的經驗與心得，進而推動國際合作產業商機。會中邀請各個綠建築產業市場快速成長區域的重要人士，解析政府部門就綠建築發展提出的解決方案、政策和規劃藍圖，相關領域專家學者也在會上分享綠建築領域的最新研究與技術發展成果。

國際綠建築研討會與“2018年亞洲綠建築及室內裝飾展”(Build Eco Xpo (BEX) Asia)及“2018年新加坡國際冷暖房與冷凍設備展”一併舉行，提供綠建築供應商展示維護生態及具節能效益的建築材料、設計與建材的會展平台，併邀綠建築專業人士共同參與交流，擴展產業商機。

本次主要目的為參加2018年9月5日至9月7日於新加坡舉辦的「2018國際綠建築研討會(International Green Building Conference 2018) 及參訪當地綠建築，並蒐集國際綠建築、智慧城市與建築科技研發相關趨勢與資訊；此外，由於新加坡推動永續綠建築與綠色城市多年來已有成效，亦藉此機會考察新加坡城市發展現況，以作為國內相關政策推動之參考。

- 一、藉由參與國際綠建築研討會，蒐集掌握國際綠建築及永續智慧社區相關政策推行經驗，了解國外政策方向、產業發展現況及未來發展趨勢，參據規劃後續綠建築科技發展與永續智慧城市政策方案策略，提升我國在國際建築研究相關領域之影響力。
- 二、蒐集新加坡綠建築及綠色城市發展現況，以作為我國第二期永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案政策規劃之參考。

貳、行程

本會議於2018年9月5日至9月7日於新加坡召開，本計畫配合大會技術參訪行程，併同於9月4日參訪新加坡綠建築案例與城市建設，並積極與國外專家學者交流，以了解國際相關政策規劃執行與研究發展趨勢。

表2.1 「參加2018國際綠建築研討會(International Green Building Conference 2018) 及參訪當地綠建築」行程表

日程	工作內容	備考
9月3日 (週一)	1、台北-新加坡	去程
9月4日 (週二)	2、新加坡綠建築案例參訪 (Green Mark Tour)	
9月5日 (週三)	3、會議第一天	
9月6日 (週四)	4、會議第二天	
9月7日 (週五)	5、會議第三天	
9月8日 (週六)	6、返回台北	返程

參、參加2018國際綠建築研討會(International Green Building Conference 2018)

一、會議主題

國際綠建築研討會(International Green Building Conference, IGBC)是匯集國際間營建產業、政策制定、建築科技研究領域專業人士共同研討交流的國際盛會，主辦單位配合研討會舉辦規劃新加坡綠建築週一系列活動，與「2018年亞洲綠建築及室內裝飾展 Build Eco Xpo (BEX) Asia)」及「2018年新加坡國際冷凍空調設備展」一併舉行，促進綠建築營建產業的廣泛交流與貿易商機；同時舉辦綠色火花(Green Sparks)比賽，吸引大專院校學生提出綠建築智慧生活創意構想，並發展出具體方案，使政策規劃執行與產業發展能夠結合人才培育，達到學用一致的目標。

二、會議重點

本次國際研討會依大會議程區分為3大議題主軸，包括：(1) 建築行業轉型、(2) 優化建築與場域、(3) 技術研討會等，自9月5日起至9月7日止分3日舉行，聚焦特定主題進行經驗交流分享，使來自世界各國專業技術者依需要選擇參與研討的日程與場次，同時也有利於主辦單位進行參與者分眾接待服務。會議主軸涵蓋綠建築、智慧建築、綠建材、物業管理與金融產業，相關議題分組領域之專題演講、研討會、工作會議論文發表會等計20餘場次(大會議程如圖3.1)。茲將本次國際研討會議題重點整理如下：

- (一) 本次國際綠建築研討會邀請新加坡建設局戴禮翔副局長(前世界綠建築協會主席)進行特邀演講，主題為「建設美麗低碳環境」，分享世界綠建築協會各會員協會所在區域的綠建築典範案例，如何因應在地環境氣候特色，發展完備的綠建築永續環境設計技術。
- (二)「建築行業轉型」主軸下再區分3項子議題，包括：(1) 推進淨零碳、(2) 低碳建設、(3) 綠色金融等分別規劃專題，首先從淨零碳的全球觀點探討如何邁向零能源和零碳建築，再以綠色建築示範案例(NUS NET-ZERO ENERGY BUILDING - SDE 4)進行經驗分享。其次，就低碳建相關的「智慧低碳建設：(DfMA) 製造和裝配設計的材料、系統及方法」、「(MET) 層壓膠合實木-可持續建設方案」、「智能低碳建築：接受並應用智慧科技於設計，建設和物業管理」等，探討以需求為導向的智慧低碳建設相關材料與設計技術、工法，循環永續的膠合木構造結構組件，及智慧建築科技與物業管理等。再則，以綠色金融角度分享綠建築在金融領域的發

展潛能，以及永續發展為綠色經濟主流的可能性。

(三)「優質建築與場域」主軸下再區分感官健康的場所、智慧新標準、環境共融的親和城市、智慧社區等4項子議題，分別就智慧化、健康、環境永續等面向探討建築與社區的執行經驗及未來發展方向。

(四)「技術研討會」主軸下再區分建築外觀、高效節能的新鮮外氣裝置和風扇、綠建築工作坊、高效節能熱泵系統、行為改變、綠建築使用者的健康與福祉、綠建築精進工作坊等7項子議題，分別就綠建築設計、高效率空調設備系統、綠建築使用者的身心健康、行為變化及技術精進策略等面向，邀請來自各國專家與產業界分享執行經驗與技術交流。

PROGRAMME AT A GLANCE									
DAY 1 (Wed, 5 Sep)			DAY 2 (Thu, 6 Sep)			DAY 3 (Fri, 7 Sep)			
AM 1	IGBC/BEX Asia/MCE Asia 2018 Joint Opening Ceremony			Spotlight Plenary A Low Carbon, Beautiful Built Environment			BCA Breakfast Talk for CEOs (By invitation Only) [Sponsored by Daikin Airconditioning (Singapore) Pte Ltd]		
	INDUSTRY TRANSFORMATION			Better Buildings			Track 3.3 IGBC Workshop		
AM 2	Advancing Net Zero	Low Carbon Construction	Green Financing	Track 2.1 Healthy Places for Senses			Track 3.1 Technical Workshop: High-Performance Façade [Sponsored by Technoform Bautech Asia Pacific Pte Ltd]	Track 3.2 Technical Workshop: Energy Efficient ACMV Motors and Fans [Sponsored by ebm-papst SEA Pte Ltd]	
	Track 1.1 Global View to Net Zero	Track 1.2 DfMA Design for Manufacturing and Assembly – the way to go	Track 1.3 Is Green Financing a Fad?	Track 2.2 Smart: The new normal?					
Lunch	Techtalks			Techtalks			Techtalks		
PM 1	Track 1.4 [KEYNOTE] Towards Zero Energy and Zero Carbon Buildings	Track 1.5 [KEYNOTE] MET Mass Engineered Timber – A Sustainable Construction Solution	Track 1.6 [KEYNOTE] Do Green Buildings Possess the Alpha Potential? Green Premium or Brown Discount?	Track 2.3 Synergising People, Nature and the Built Environment in Liveable Biophilic Cities			Track 3.4 Technical Workshop: Energy Efficient Pumps [Sponsored by Grundfos (Singapore) Pte Ltd]	Track 3.5 Behaviour Change Workshop	
	Track 1.7 Exemplary Green Building Project-NUS SDE 4	Track 1.8 IDD Engaging Smart Approach and Technologies from Design, Construction to FM	Track 1.9 Re-inventing the Business Model for Sustainability	Closing Plenary Transforming the Built Environment			Track 3.6 Green Mark User Workshop (Health and Well Being)	Track 3.7 Green Mark Refresher Workshop	
PM 2									

圖3.1 2018國際綠建築研討會（IGBC）大會議程及行動App
(資料來源：IGBC官網)

本次研討會特邀專題演講及智慧綠建築相關重要發表部分，包括：

(一) 低碳美麗的建築環境（A Low Carbon Beautiful Built Environment）：

戴禮翔，世界綠建築協會前主席（Tai Lee Siang, Past Chair, World GBC）

以建構低碳居住環境建築理念擴展至城市景觀、建築及加以實踐，主講者以剛卸任世界綠建築協會主席的觀點，介紹新加坡、雪梨、多倫多、福岡及BOSCO等城市建築的推動經驗，他指出低碳不僅是科技，更是人類需求與自然之間的平衡，我們需要對環境做的更多，就像時間是不會停止等待。

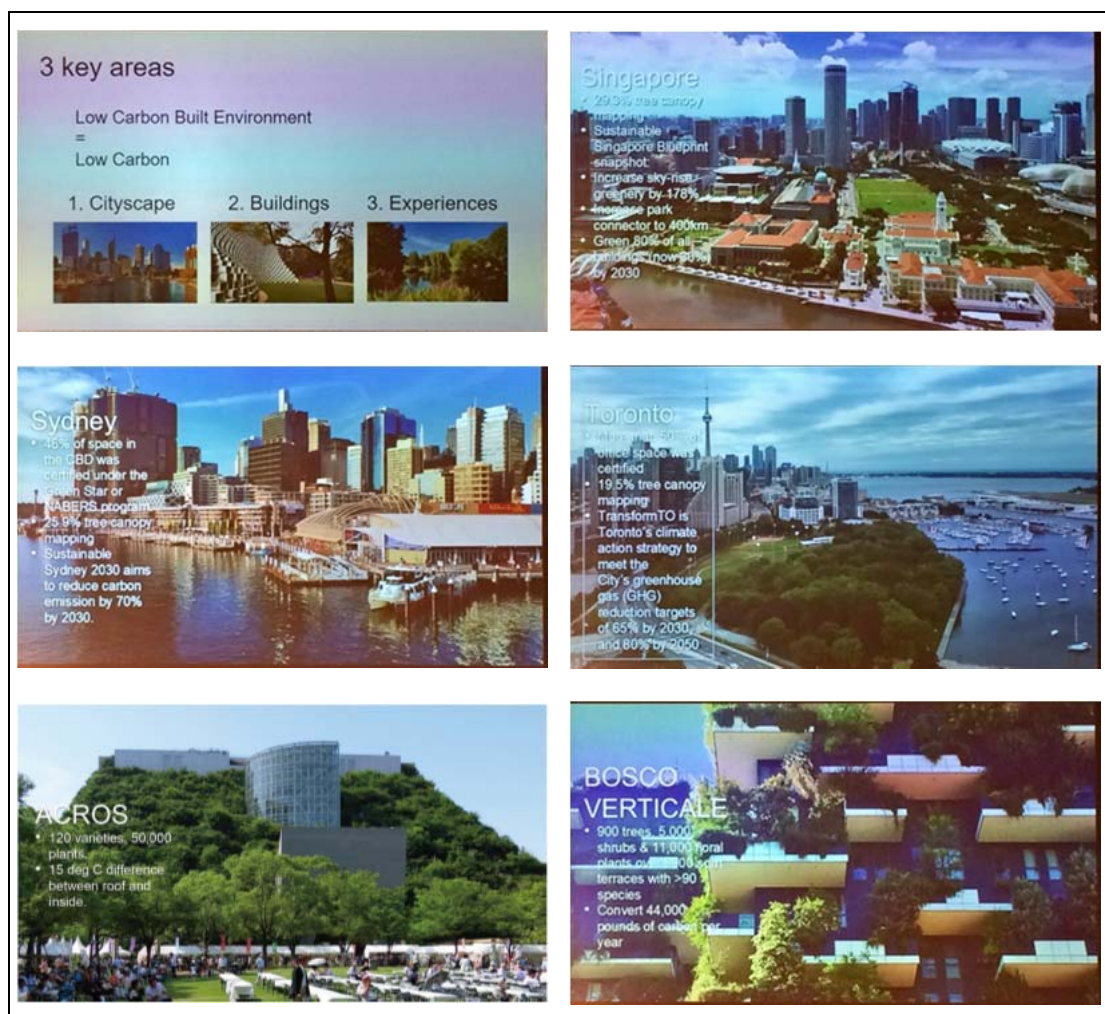


圖3.2 國際間推動低碳居住環境建築理念的重要城市建築介紹
(資料來源：拍攝自Tai Lee Siang會議簡報)



圖3.3 特邀專題演講與討論(資料來源：本計畫拍攝)

(二) 推動 RCx 作為香港在實現 COP21 目標方面的一項主要策略 (Driving RCx As A Key Strategy For Hong Kong In Meeting The COP21 Target) ,
Ir Cary Chan, JP , Executive Director

香港推動既有建築節能與性能驗證，是實現參與法國巴黎協定COP21 目標的主要策略之一，在節能技術與知識發展的基礎上，既有建築落實節能將可有效減低總體用電；從其他面向思考，包括如何強化使用者在節能與綠色維運的需求成長、合作組織的企業社會責任、創造使用者參與推動低成本最佳化性能驗證的價值、訓練駐場員工持續推動節能驗證業務，都有助於擴大建築節能效益規模。

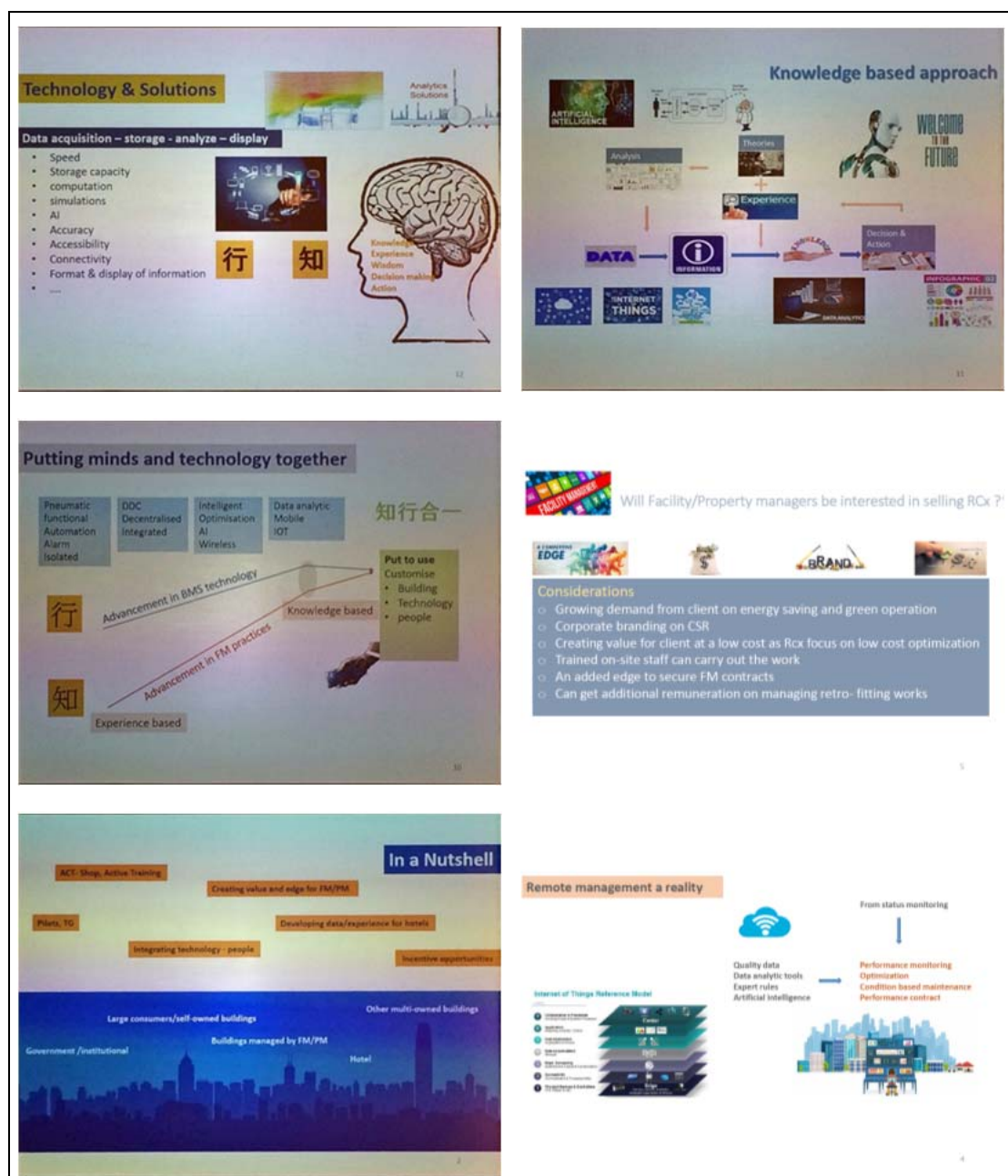


圖3.4 推動既有建築節能與性能驗證 (資料來源：拍攝自 Ir Cary Chan會議簡報)

(三)從零到一百的循環-生命週期實現淨零能源(From Zero to a Hundred... and Back - Whole Life Approaches to Net Zero) , Andrew Mather , Managing Director: - ANZ

COP 21 巴黎氣候協定關心著地球溫度上升2.0度的暖化危機，國際間也都在思考如何在建築部門達到淨零能源的目標，歐洲推動建築能源標示，世界綠建築協會也訂定2030、2050年的節能目標。整合資通訊技術也被用於環境監控與設計模擬，針對建築外牆熱負荷、照明與熱質量進行分析，探求最佳可行方案，以達成尖峰用電需求，減緩供電備載不足的發電壓力。主講者指出淨零碳建築發展至淨零碳國家，必須同時落實零碳平衡機制、能源效率、再生能源及低碳建材等。

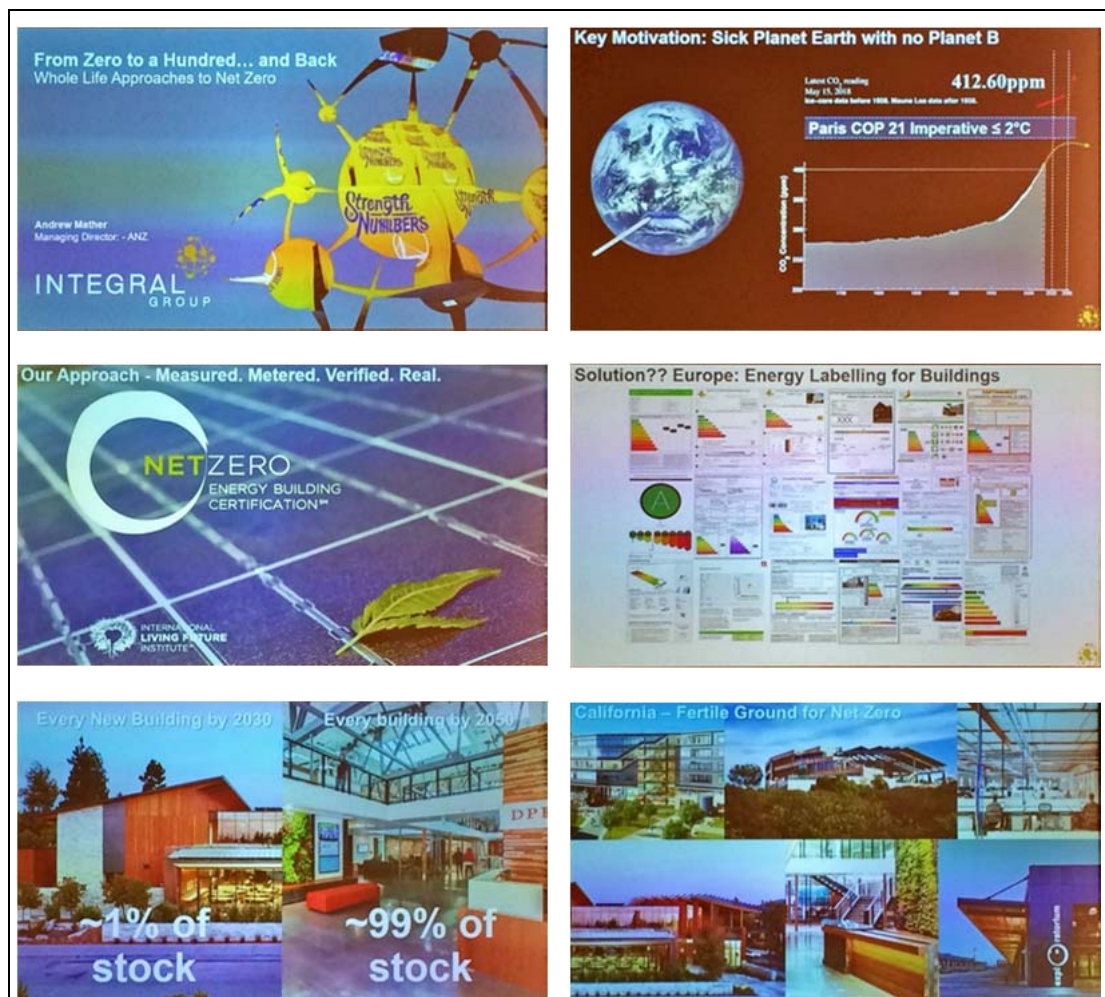


圖3.5 生命週期實現淨零能源經驗分享

(資料來源：拍攝自 Andrew Mather會議簡報)

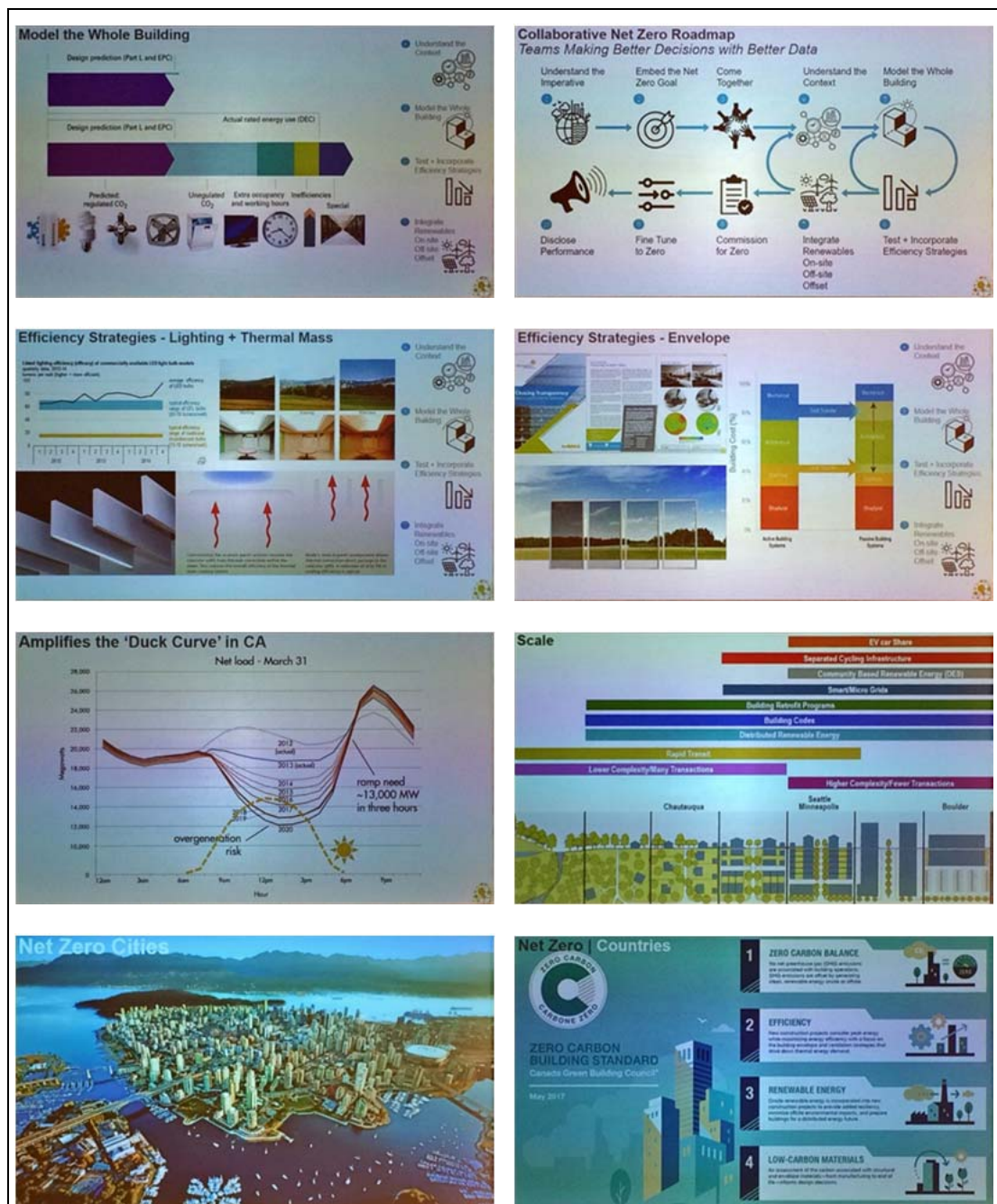


圖3.6 淨零能源建築、城市、國家的推動策略解析分享
(資料來源：拍攝自Andrew Mather會議簡報)

(四) 推進淨零能源：推動全球行動(Advancing Net Zero: Galvanizing Global Action), Joelle Chen, Regional Head, Asia Pacific, World Green Building Council

世界綠建築協會指出，全球已有31個國家推動綠建築標章，5個新淨零碳建築認證制度，8個提出國家零碳創新戰略，分別從國家政策、綠色城市、既有建築升級、健康建築及高能效建築等面向落實。希望能達到建築部門溫室氣體減排

39%，能源使用降低36%，環境污染物減少2-5倍等，進而創造淨零碳建築的價值機會，並以Bullitt Center為例，介紹屋頂大小規模的模擬，及其他空調、照明與屋頂外牆太陽光電設施設計解析，探討達成淨零碳建築的策略重點。



圖3.7 WGBC分享淨零能源行動 (資料來源：拍攝自Joelle Chen會議簡報)

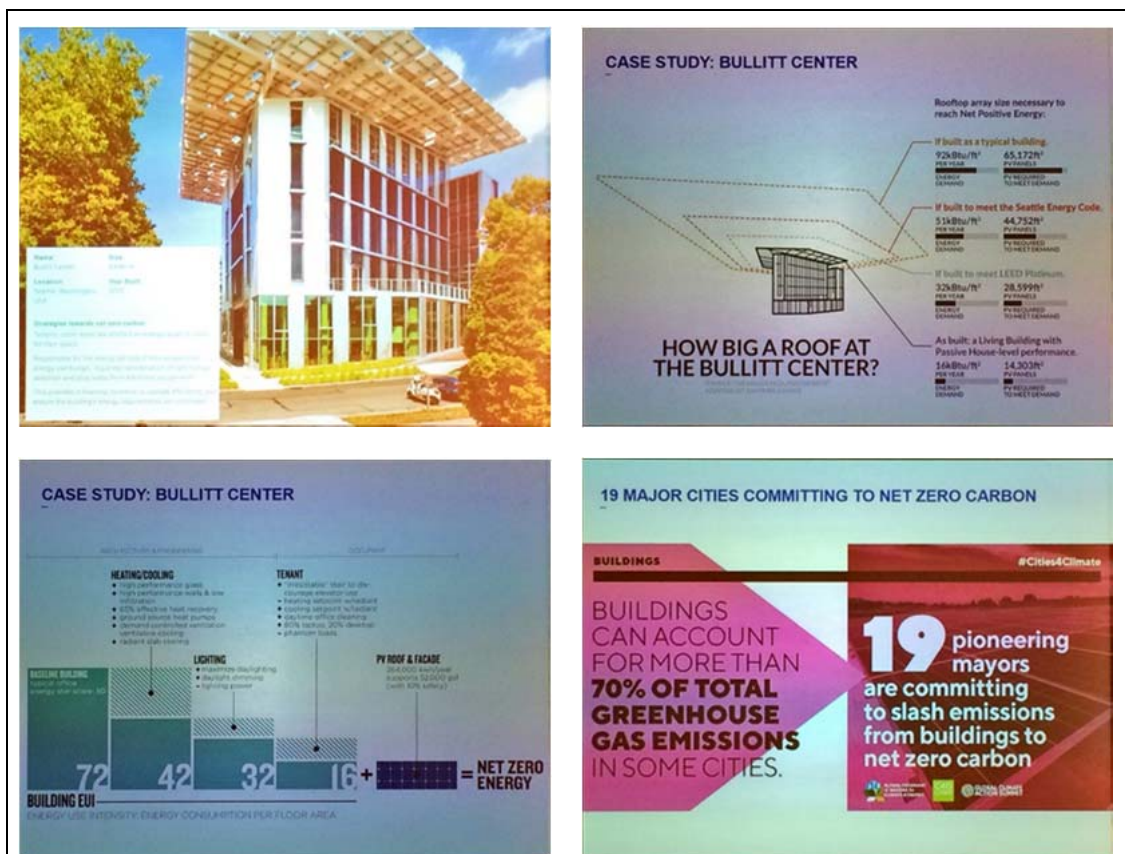


圖3.8 WGBBC分享淨零能源案例(資料來源：拍攝自 Joelle Chen會議簡報)



圖3.9 世界綠建築協會參與淨零能源的會員分布
(資料來源：拍攝自 Joelle Chen會議簡報)

(五) 超低能源建築計畫 (Super Low Energy Programme) , Dr Edward Ang & Ben Towell , Deputy Director, Senior Manager, Environmental Sustainability Group, BCA.

Dr Edward Ang & Ben Towell介紹了新加坡推動超低能源建築計畫的政策背景，包括因應高層化、高密度、都市化及熱帶氣候區的發展特徵，以及良好的推動過程、成效，從2005年起推動最佳能效建築措施開始，歷年的改進效果顯著，

2018年推動計畫後，節能設計促成的成效更佳令人驚艷。

主講者並扼要介紹這個超低能源建築計畫的內容概要及所面臨的挑戰，並以新加坡大學SDE4、新加坡管理大學SMU-X及Keppel Land 商業建築再利用為案例，說明超低能源建築的執行重點。政策擬定的背景與配套技術發展方向，值得我國推動新建及既有建築節能設計或改善的策略規劃參考。

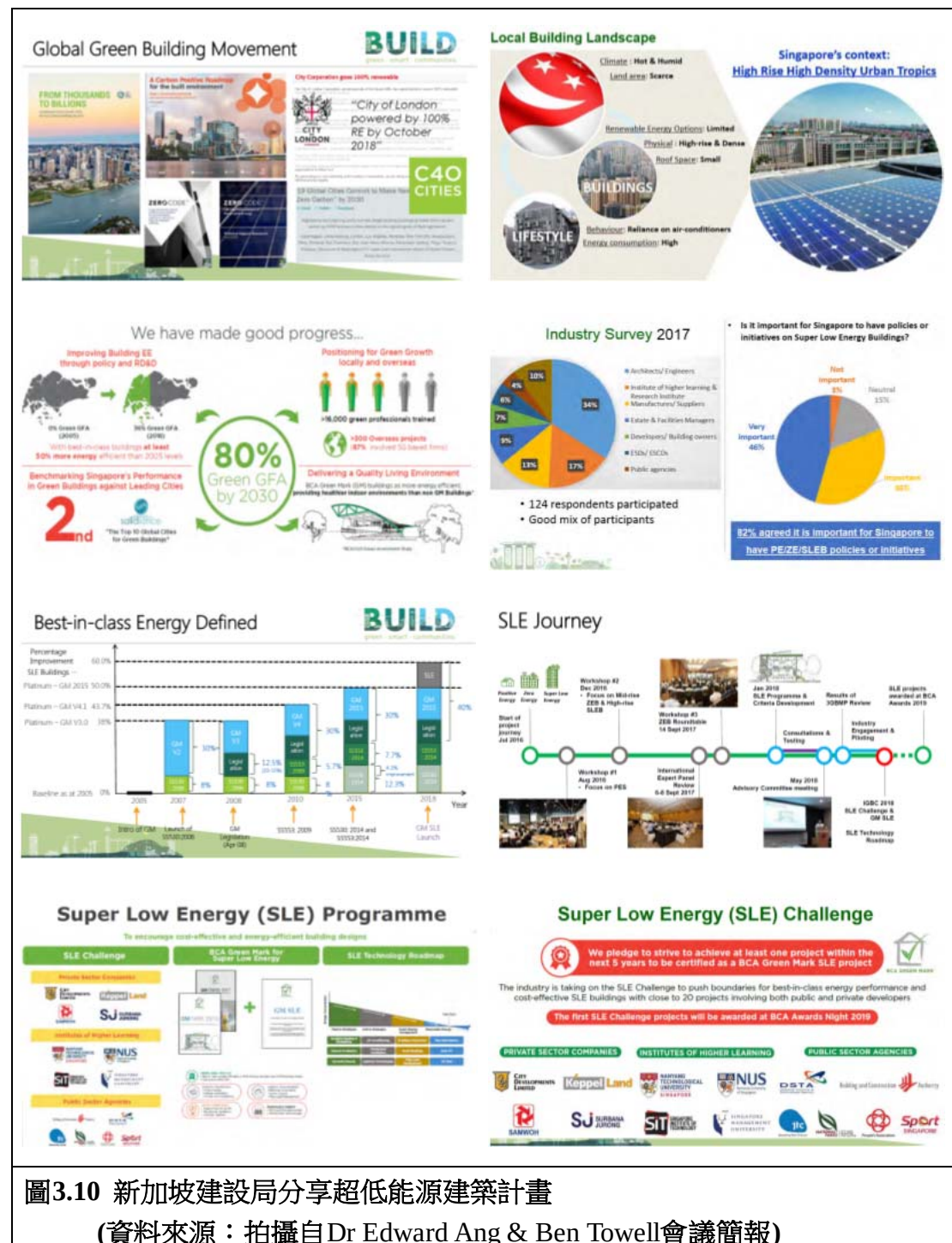


圖3.10 新加坡建設局分享超低能源建築計畫

(資料來源：拍攝自Dr Edward Ang & Ben Towell會議簡報)



圖3.11 新加坡建設局分享超低能源建築計畫案例
(資料來源：拍攝自Dr Edward Ang & Ben Towell會議簡報)

(六)新加坡管理大學邁向綠色永續城市校園的旅程 (SMU's Journey Towards a Green Sustainable City Campus), Prof. Arnoud de Mayer , President, Singapore Management University

Arnoud de Mayer教授介紹新加坡管理大學推動校園永續性的策略項目，包括：能源、水資源、健康與環境、3R及友善環境等，校園能源表現自2006年至2017年止，消費量降低30.6%；水資源部分自2011年至2017年止，消費量降低18%成效相當可觀。但該校仍持續推動永續校園的發展，包括新建的SMU-X。。



圖3.12 新加坡管理大學永續綠色校園節能節水成效分享
 (資料來源：拍攝自Prof. Arnoud de Mayer會議簡報)

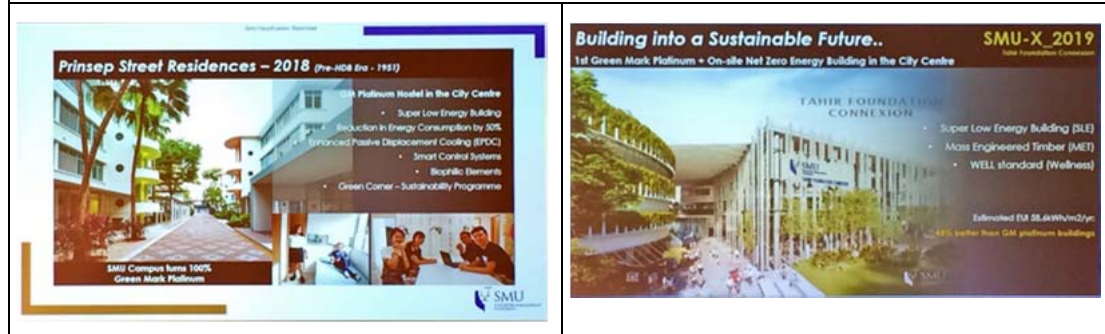


圖3.13 新加坡管理大學永續綠色校園願景分享
 (資料來源：拍攝自Prof. Arnoud de Mayer會議簡報)

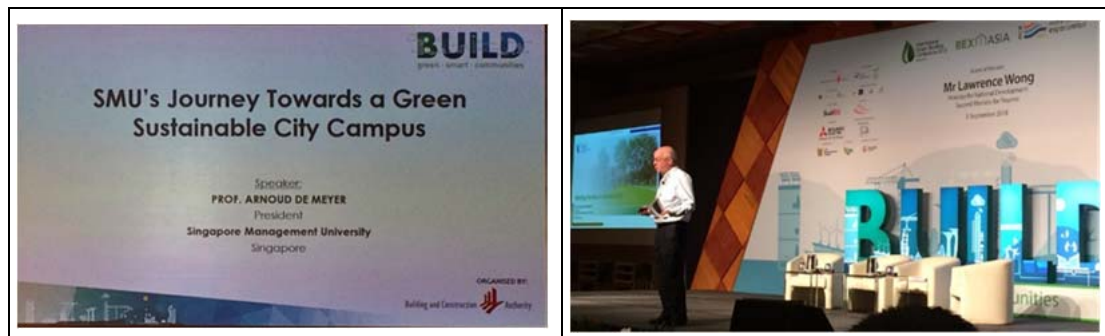


圖3.14 Arnoud de Mayer 教授分享邁向綠色永續城市校園經驗
(資料來源：本計畫拍攝及拍攝自Prof. Arnoud de Mayer會議簡報)

(七) 智慧新規範-邁向智慧設施管理操作之路(Smart - The New Norm ?
Journey Towards Smart FM Operations), Jason Foo , Director, Building
Management, jtc

Jason Foo以jtc個案介紹智慧設施管理，以及聚焦的設施項目，分階段建立成熟的IOT技術模型，資料收集範疇界定，正確的IOT策略方法，技術知識擴散的關鍵。

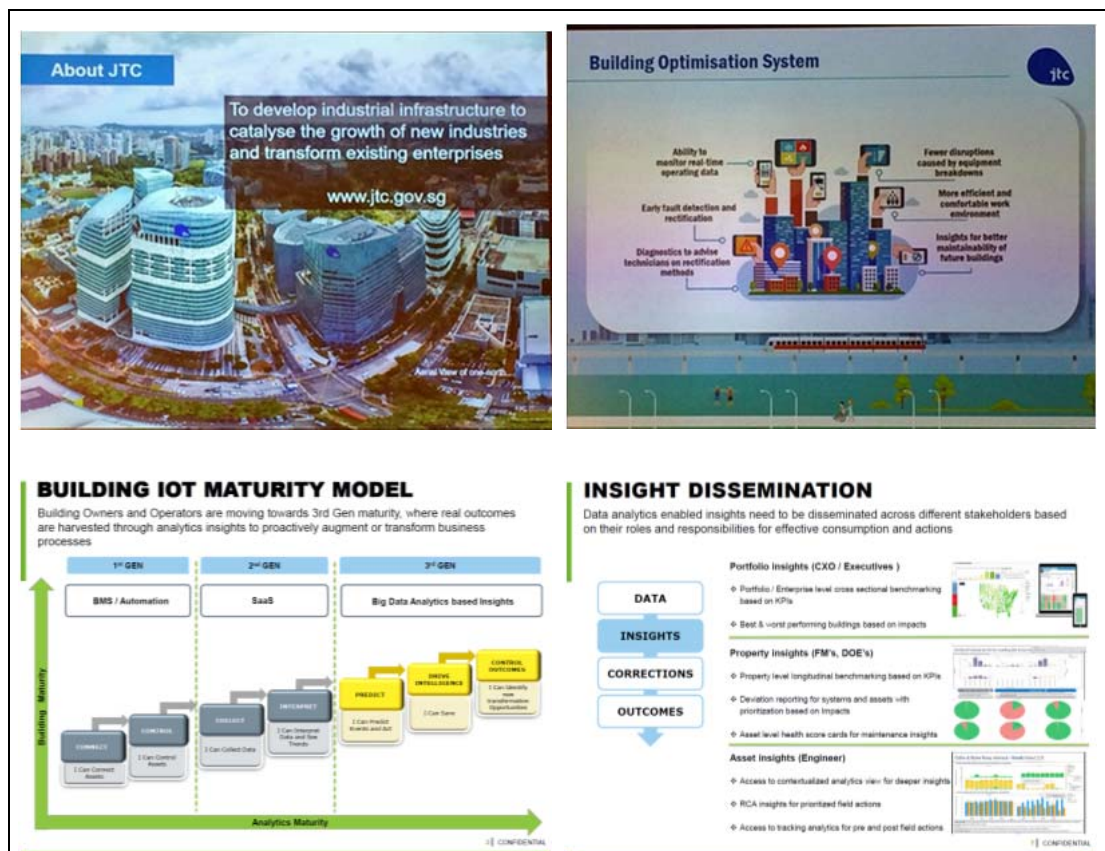


圖3.15 邁向智慧設施管理操作分享 (資料來源：拍攝自Jason Foo會議簡報)

(八) 為淨零能源建築提供效率、舒適性和經濟價值：智慧立面與照明的任務
(Delivering Efficiency, Comfort and Economic Value For ZNE-Targeted Buildings: The Role of Intelligent Facades and Smart Lighting), Stephen Selkowitz, Affiliate, Building Technology and Urban Systems, Lawrence Berkeley National Laboratory.

美國加州柏克萊大學勞倫斯國家實驗室Stephen Selkowitz介紹建築能源控制技術與節能的應用推廣，並提出能源使用時間變動的鴨子曲線(Duck Curve)理論，鼓勵尖峰用電時間降載或節約用電，包括利用導入ICT技術的主動式立面及晝光控制，並以該實驗室FLEXLAB的現場觀測搭配可視化技術進行模擬解析，同時與新加坡建設局的SKYLAB進行比對，也將合作推動相關建築能源模擬評估研發工作。

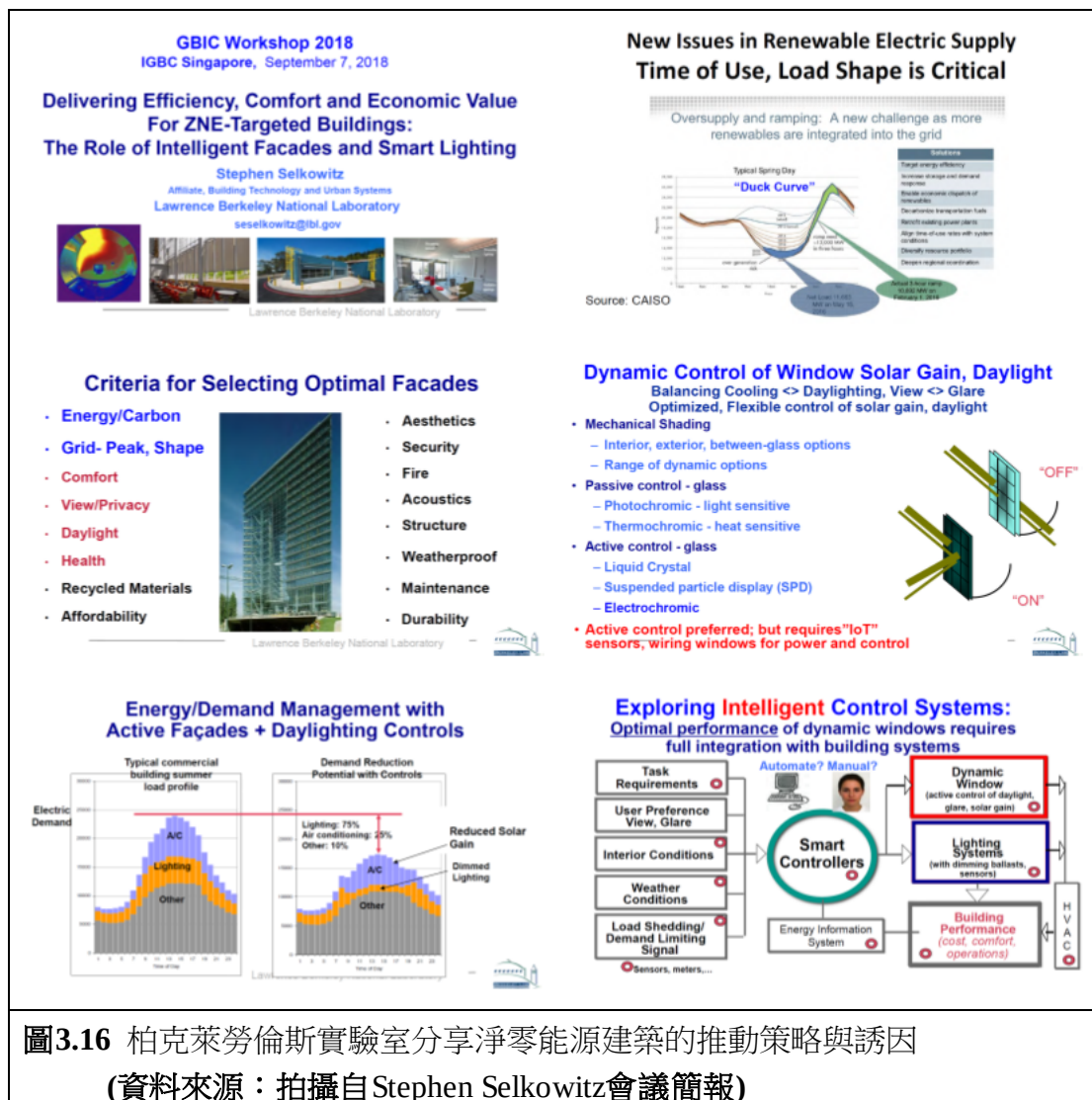
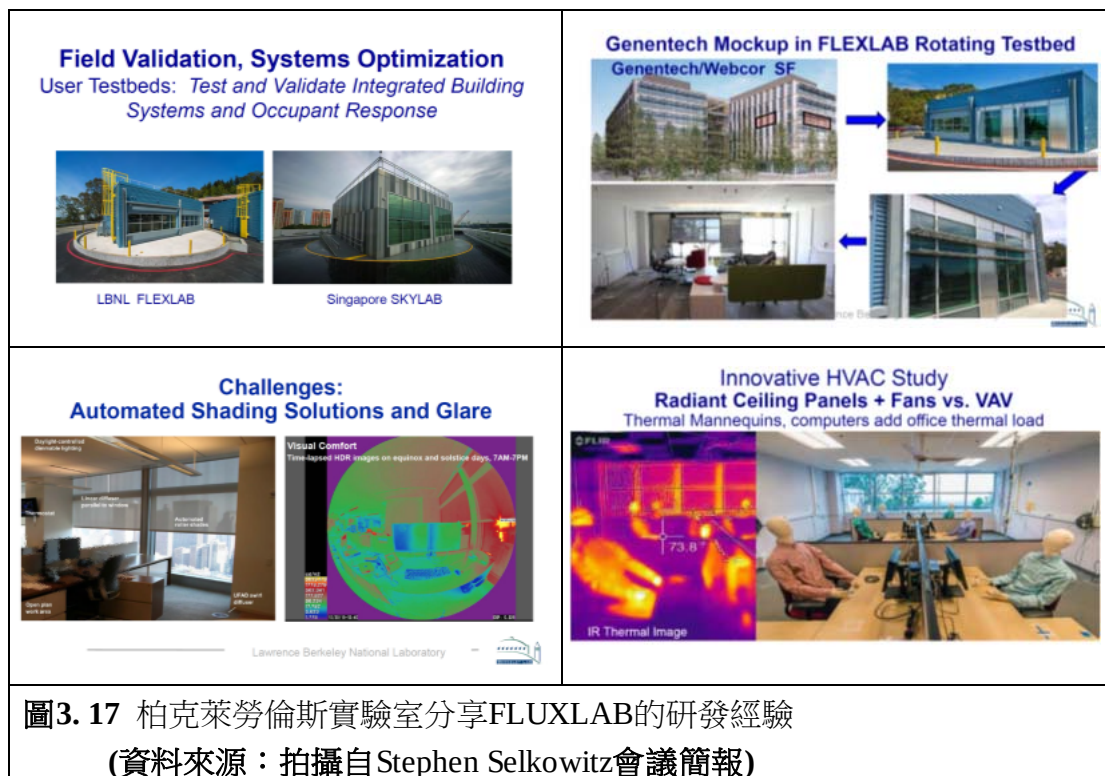
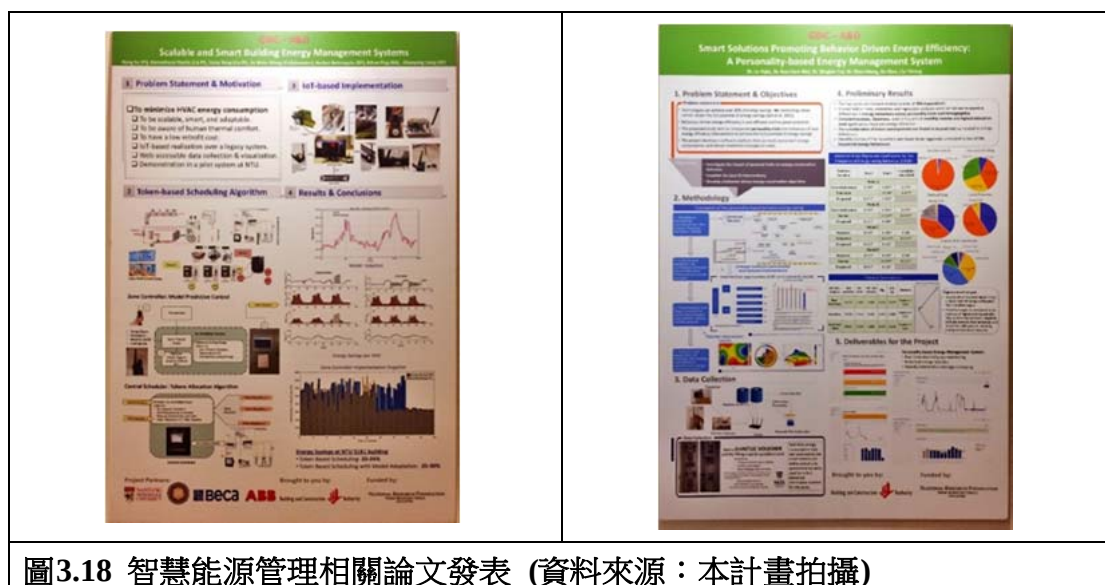


圖3.16 柏克萊勞倫斯實驗室分享淨零能源建築的推動策略與誘因
(資料來源：拍攝自Stephen Selkowitz會議簡報)



(九) 海報論文

包括建築能源解析研究、智慧建築與設施管理技術、綠建築設計等等不同主題的海報論文，提供與會觀摩交流。



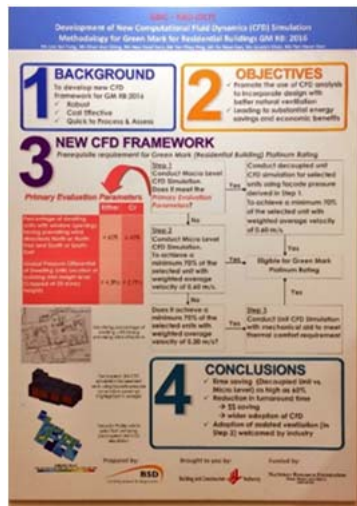
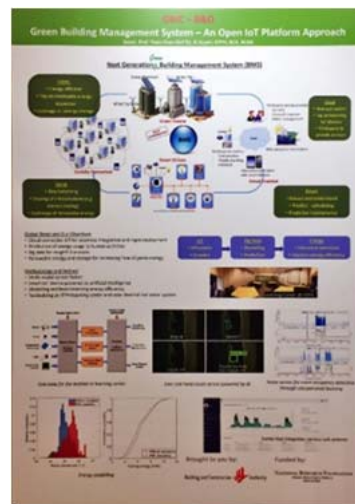
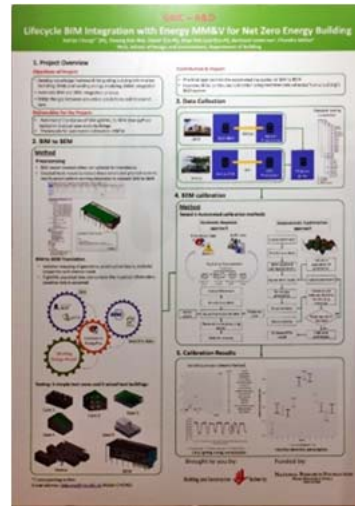


圖3.19 智慧綠建築相關論文發表 (資料來源：本計畫拍攝)

(十) 出國人員與參與本次研討會人員交流

本次參與國際綠建築研討會過程中，分別與主辦單位、特邀演講貴賓之新加坡建設局戴禮翔副局長及國際開發司許麟濟司長等相關交換綠建築政策推動經驗，並與新加坡建築產業專家、越南建築師協會與會代表分享我國境外版綠建築標章評定制度，並邀請參加我國於10月15日至17日舉辦之環亞熱帶創新低碳綠建築國際研討會，持續進行經驗分享與技術交流。



圖3.20 與新加坡建設局戴禮翔副局長及國際開發司許麟濟司長交流合影
(資料來源：本計畫拍攝)



圖3.21 與越南建築師協會代表交流綠建築推動經驗 (資料來源：本計畫拍攝)



圖3.22 與新加坡建築業交換我國境外版綠建築評估系統經驗
(資料來源：本計畫拍攝)

(十一) 綠建築與綠建材展覽會場參觀(Build SG)



圖3.23 綠建材展覽會場 (Build SG) 參觀台達電子展區
(資料來源：本計畫拍攝)

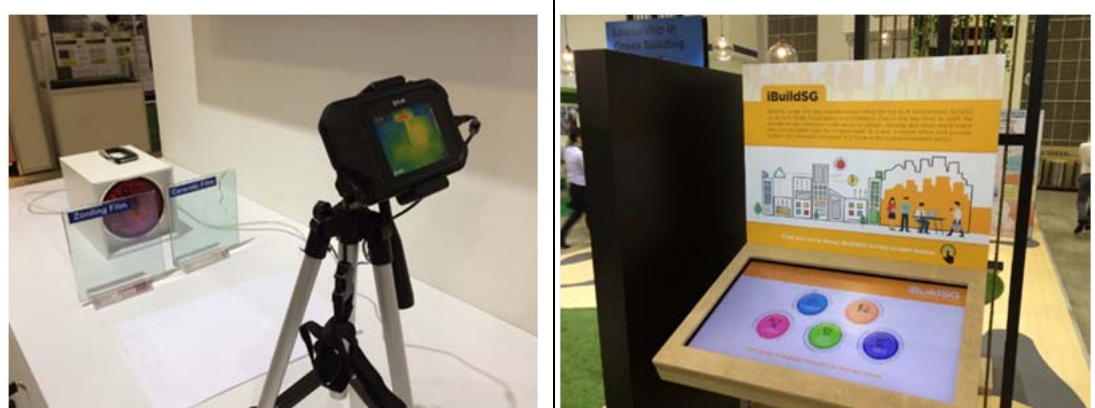


圖3.24 綠建材展覽會場 (Build SG) 參觀玻璃隔熱膜測試與智慧化展示項目
(資料來源：本計畫拍攝)

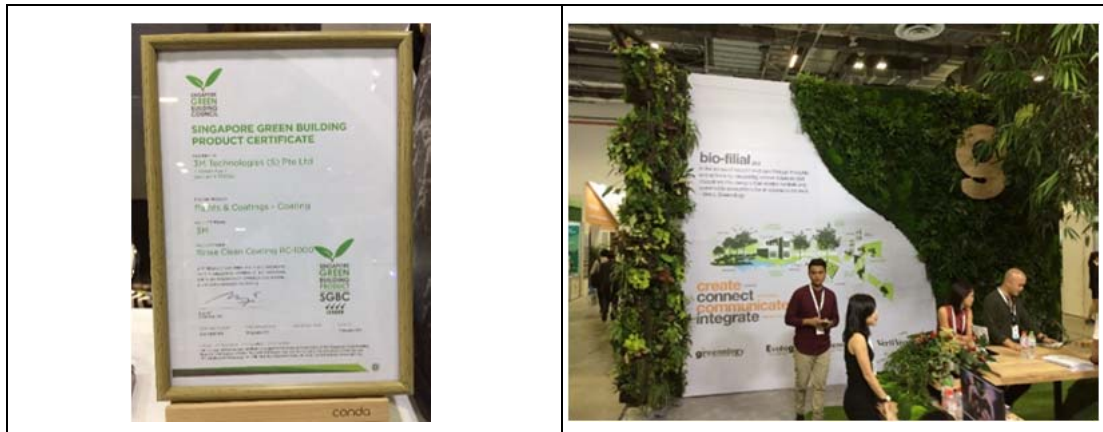


圖3.25 垂直立體綠化技術展示 (資料來源：本計畫拍攝)



圖3.26 整合資通訊技術之環境監測設備 (資料來源：本計畫拍攝)

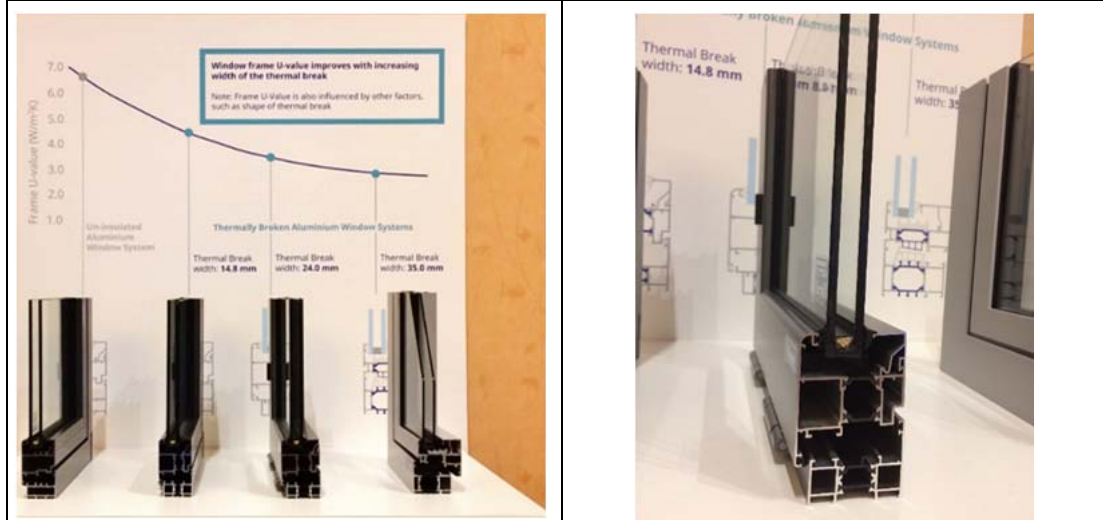


圖3.27 鋁框構造窗的隔熱性能比較 (資料來源：本計畫拍攝)

本次國際研討會暨會展活動，我國成功大學能源研究中心李訓谷教授及江逸彰研究員率我國建築節能建材廠商共同參展，並與新加坡建設局洽談技術移轉 SKYLAB經驗，於臺南沙崙綠能科學城建置實尺寸對照組實驗室，加強建築節能與健康室內環境議題之研發與應用。

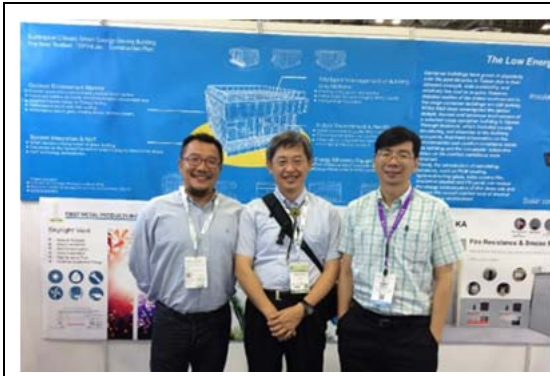


圖3.28 與成功大學李訓谷教授及江逸彰研究員於展覽攤位合影



圖3.29 與成功大學李訓谷教授等臺灣參展人員一行合影於展覽攤位

肆、參訪新加坡綠建築案例

本計畫另安排參訪新加坡當地的綠建築標章案例，包括南洋理工大學北區學習中心(The ARC)、國科大廈(Guoco Tower)、住宅社區綠建築 The Interlace及新加坡大學校園綠建築等。

(一) 參訪南洋理工大學The ARC綠建築

南洋理工大學的每棟新建築都致力達到更高的綠建築營建標準、性能與永續性，校區內有50多棟建築獲得了新加坡綠建築白金級認證，以創造綠色校園為目標。為確保綠色校園的願景，本案北區學習中心(The ARC)更積極導入綠色設計理念，考慮與環境融合、能源資源有效利用與極致綠化，當作該校宣達綠色永續的指標建築。

南洋理工大學校園中的北區學習中心，設計了與校園周圍建築的跨街廓連結的系統，分享共用現有基礎設施，進而提高基礎設施使用效率，也可減少北區學習中心建設投資及維護時間與成本，利用現有的N4街廓冰水機房與N3街廓水槽整合供應北區學習中心，以實現永續節能的綠色設計目標。

為確保所有的教學研究室都能從獲得充足的晝光，配置在建築平面周邊，外部和內部有全面落地的雙層玻璃帷幕牆外殼系統。為隔離和控制太陽輻射熱，外部立面採用了31.52mm厚的雙層玻璃帷幕牆系統，面向中庭天井的玻璃面則使用17.52mm厚的low-e複層玻璃，減少外氣熱負荷和冷凍空調耗能。此外，雙層玻璃帷幕牆系統也具備了良好的隔音性能，可減少外部聲音的干擾。

整個建築LED燈均搭配高效安定器，同時更重要的是，每個輔導室、公共走廊和學生中心都配備照度感應裝置偵測晝光是否充足，進而連動減少人工照明的使用；在沒有自然採光的區域(如消防樓梯和廁所)，則設置照明自動控制的動作感應器，以節約照明用電。

北區學習中心在所有教學輔導室內安裝無風管空調通風系統，藉由牆面夾層的通風豎穴，把教學活動產生的暖空氣(如二氧化碳、筆記電腦產生的熱量等)由

天花板牆側出風口排出，冷空氣則由側牆下方出風口導入室內，採用類似浮力通風的換氣系統，除兼顧室內空氣品質外，亦能減少空調送風耗能，與傳統系統相比，系統中沒有風扇可節省約7%的能源使用。

11公尺寬的圓形採光通風天井，是本案充分利用晝光和自然通風建築的設計重點，透過晝光解析模擬顯示，所有教學輔導室都能夠獲得充分的自然採光。為了減少太陽的日射得熱，外立面採用雙層玻璃帷幕，內部公共走廊側則採用low-e玻璃，這些空間的晝光利用係數分別從38.3%到70.3%不等。

公共走廊是非封閉的，配合建築基地的常年風向，提高南北風向的滲透率，以促進自然通風。

另外為了保護建築物免受太陽輻射和強風雨的影響，1至2層立面採用水平鋁格柵，以及從地下2層、3層攀爬延伸的垂直綠牆。水平鋁格柵外遮陽設計模擬顯示，全年平均約可減少33%的太陽輻射熱取得率(相當於SC 0.67)；因此，這棟建築能夠獲得優異的建築外殼熱性能，達到最小的外牆熱傳量水準(35.57W/m²)。

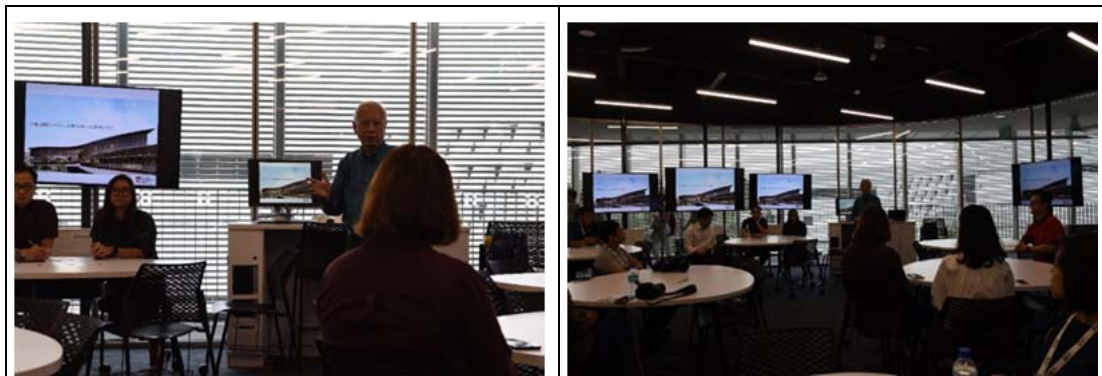


圖4.1 南洋理工大學代表解說北區學習中心(The ARC)設計理念
(資料來源：本計畫拍攝)

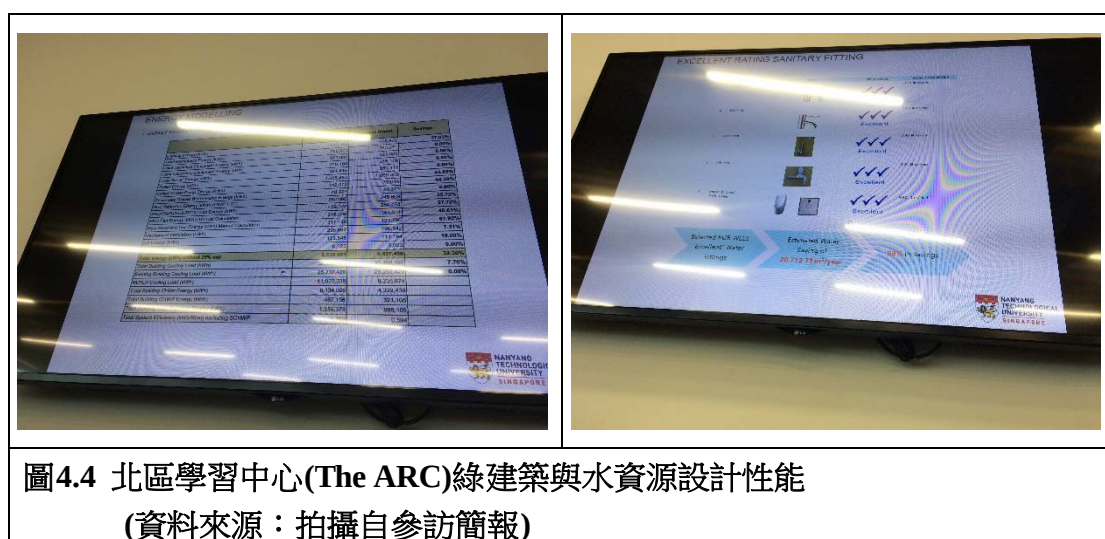
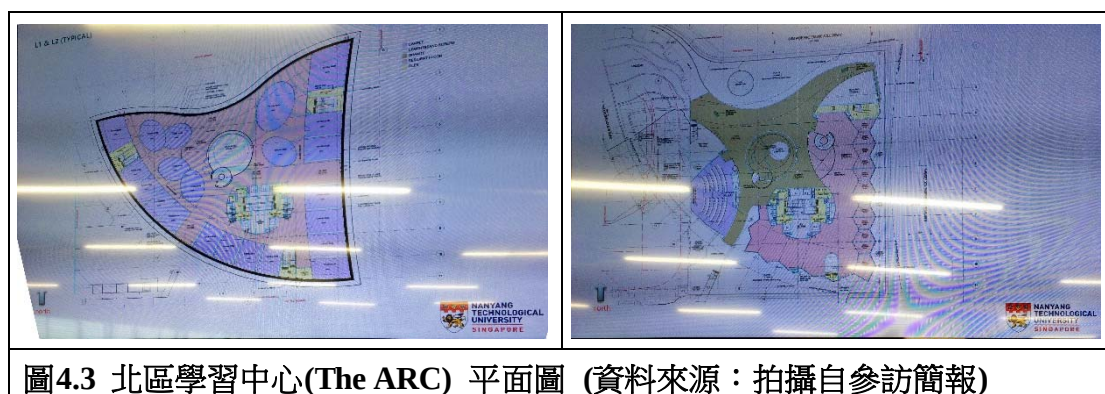




圖4.5 北區學習中心(The ARC)空調節能與自然通風模擬分析
(資料來源：拍攝自參訪簡報)

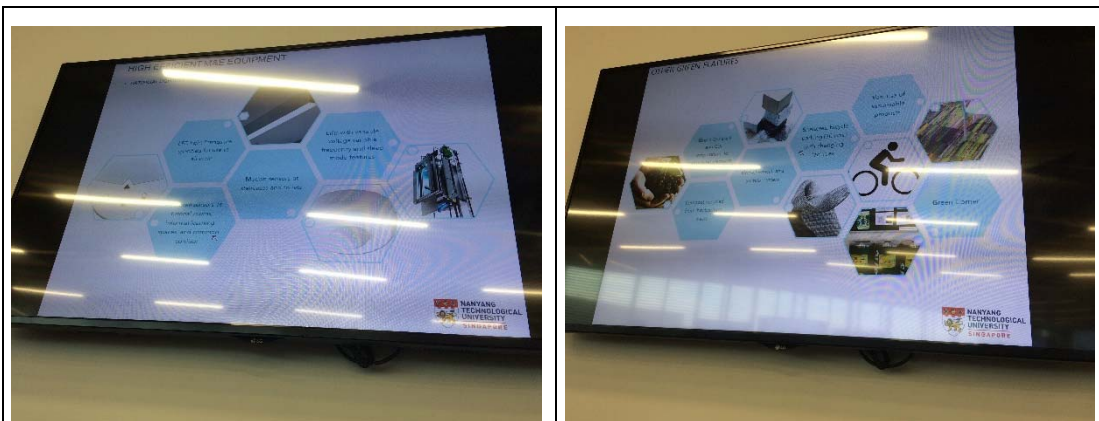


圖4.6 北區學習中心(The ARC) 高能效機械設備與創新綠建築設計方向
(資料來源：拍攝自參訪簡報)

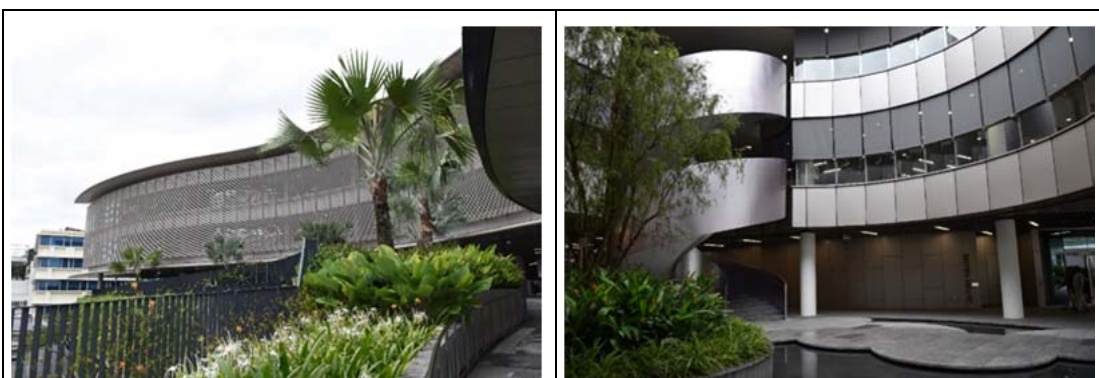


圖4.7 北區學習中心圓形中庭天井及立面鋁格柵外遮陽
(資料來源：本計畫拍攝)

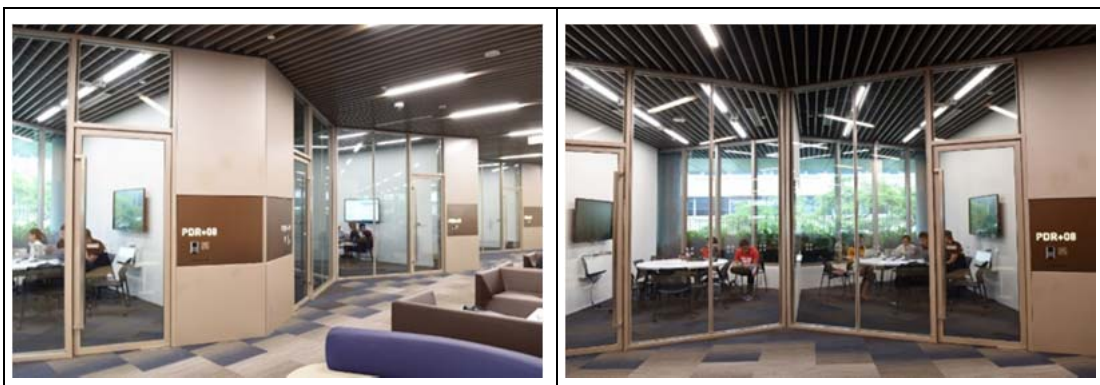


圖4.8 教學研究輔導室落地low-e 玻璃隔間及智慧預約門禁系統
(資料來源：本計畫拍攝)

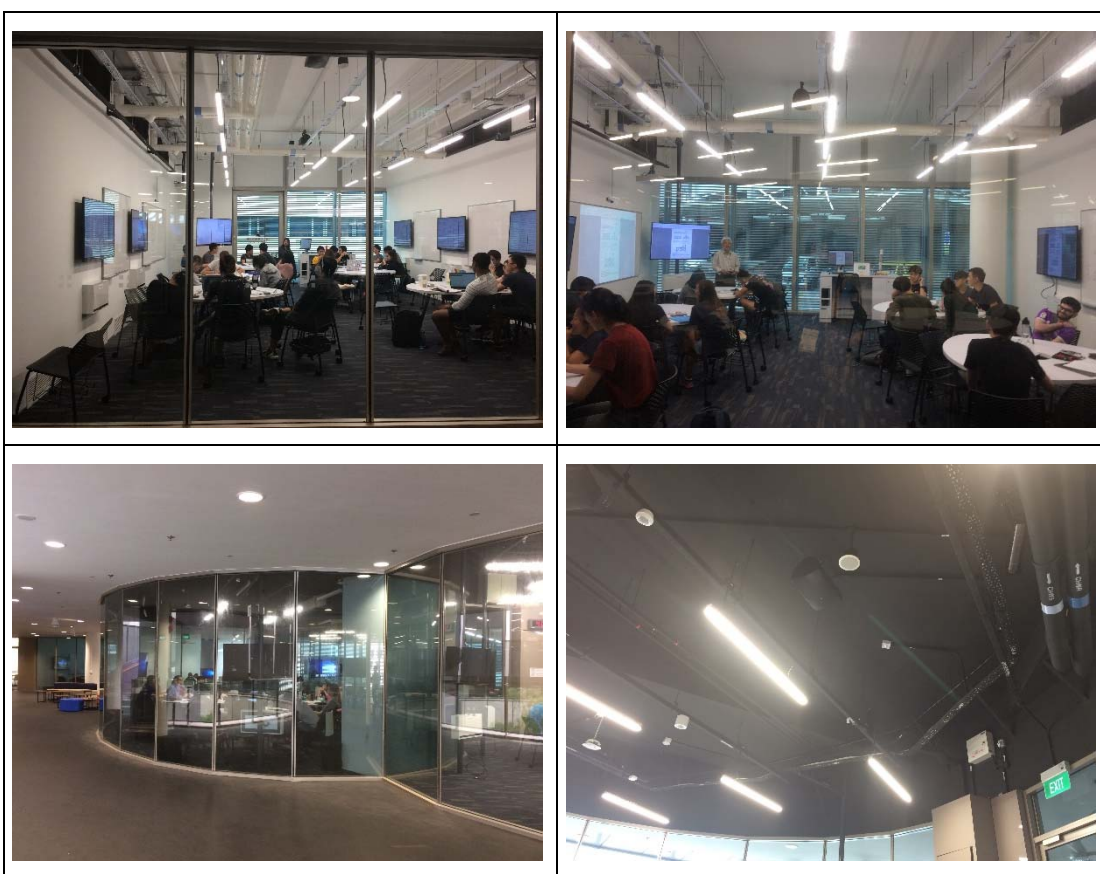
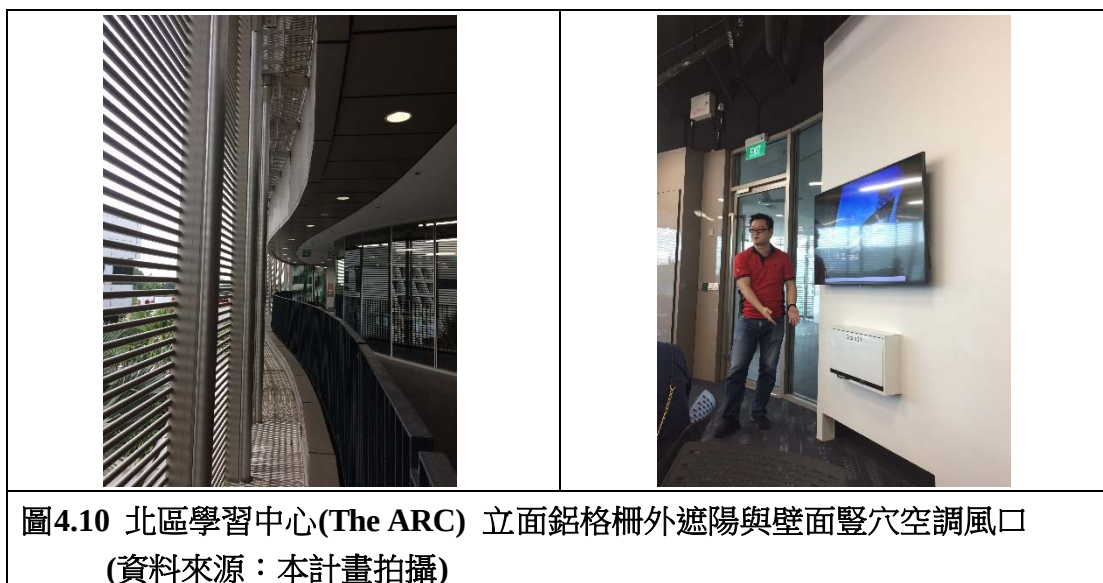


圖4.9 教學研究輔導室簡易裝修及明管配管 (資料來源：本計畫拍攝)



（二）參訪國科大廈 (Guoco Tower)

國科大廈是一個高密度使用設計的複合用途開發專案，為19層與64層高低塔建築體，建築空間包括14層的酒店、32層的辦公室和26層的住宅，地下層部分為地下6層的商業空間和停車場平臺，在設計團隊的積極努力下，盡可能減少開發對周遭環境的影響。

建築設計的亮點之一是其節能功能，建築外牆設計採用低low-e 雙層玻璃單元，在所有方向上都有遮陽裝置，以降低建築的冷房空調負荷。外牆熱傳透率值只有34.45 W/m²，遠低於當地50 W/m²的強制性要求。建築的商業部分採用了集中式水冷離心式冷水機組系統，可實現大量節能。此外，該建築在非常具設計挑戰位置安裝太陽能光電板，以收集利用最大可能的太陽電能。該建築還設有一個非空調的封閉公共空間，稱為地面的城市房間，作為景觀的一部分，它為公眾提供了一個熱舒適的半戶外空間，也可從其中的BIPV屋頂獲得太陽電能。設計小組進行了幾項建築物理研究，包括陰影分析、氣流分析和熱舒適性研究該空間採用大容量低速風扇引導通風對流，以使空間在一年中無風的時間，在沒有任何空調系統的情況，仍能滿足環境舒適度的水準。

依據新加坡在該地區的規定，該建築的植栽灌溉系統必須大量依賴雨水，雨水是從屋頂收集並在現場處理，所收集到的雨水被用來灌溉。這個雨水收集處理系統還可處理出 NEW water作為冷卻水塔、清洗和廁所沖洗用水，連空調冷凝水也被回收和再利用。隨著這些功能的結合，開發能夠節省大量的飲用水使用量。

該開發專案還具有其他顯著的綠色設計亮點，如使用綠色標章產品、節能燈具以及使用晝光與移動感應式照明控制系統。

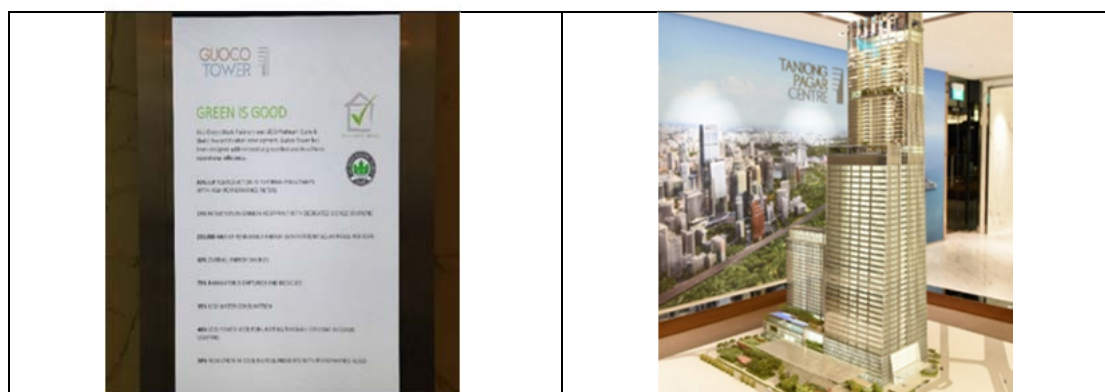


圖4.13 國科大廈綠建築設計理念與模型 (資料來源：本計畫拍攝)

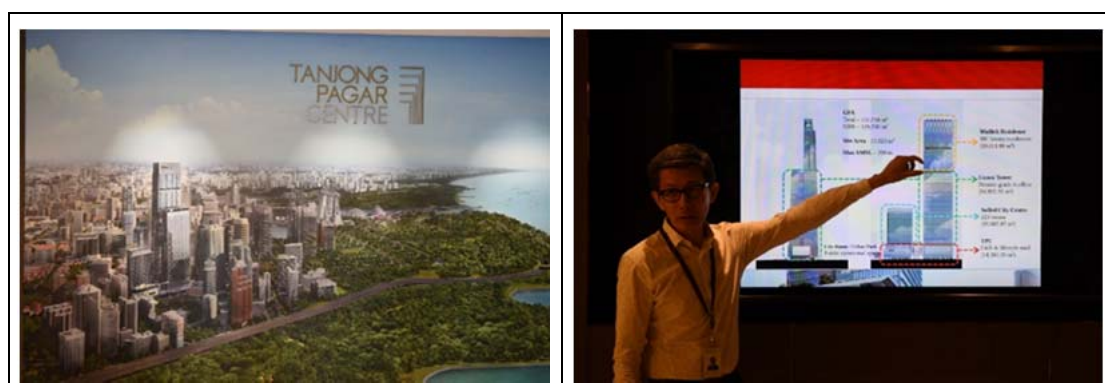


圖4.14 國科大廈設計意象模擬及建築空間分區介紹 (資料來源：本計畫拍攝)

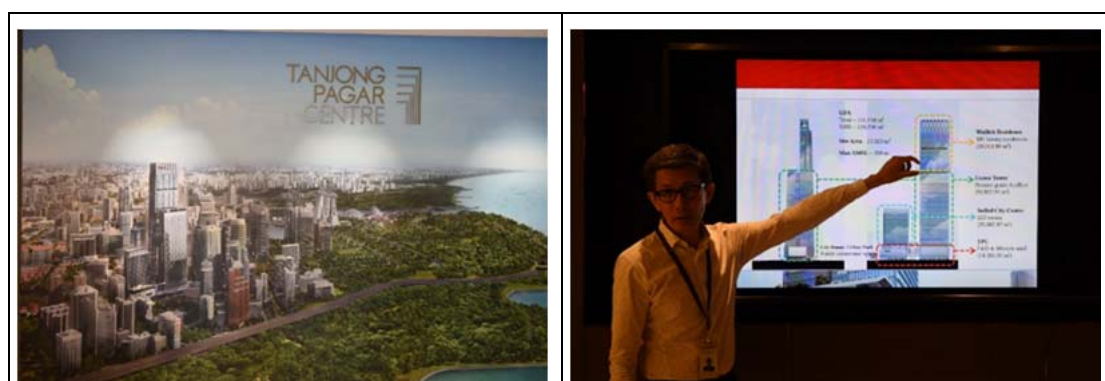


圖4.15 國科大廈設計意象模擬及建築空間分區介紹 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.16 國科大廈太陽方位圖及太陽日照軌跡 (資料來源：Sun Seeker APP)



圖4.17 國科大廈綠建築設計發展與商業服務空間配置介紹
(資料來源：本計畫拍攝)



圖4.18 國科大廈外牆熱性能設計與立體綠化介紹 (資料來源：本計畫拍攝)

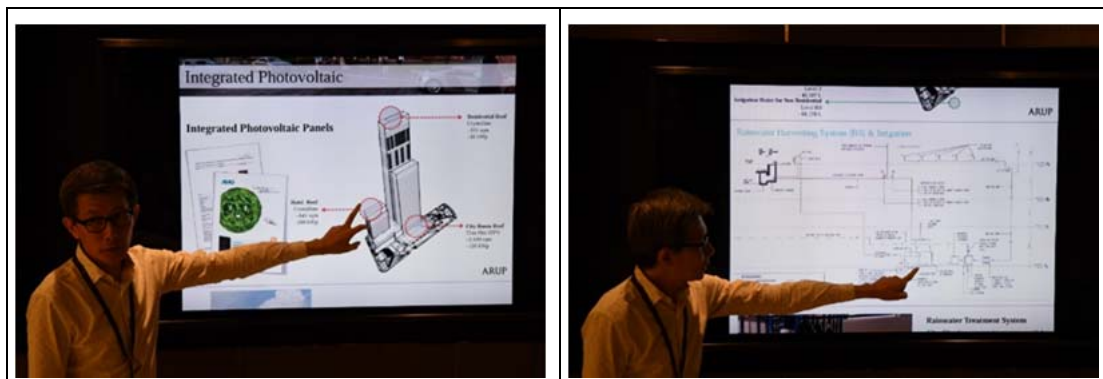


圖4.19 國科大廈太陽光電與雨水收集處理系統介紹 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.20 國科大廈雨水收集處理設備與智慧停車引導系統
(資料來源：本計畫拍攝)

(三) 參訪住宅區綠建築 (The Interlace)

The Interlace是新加坡一座1000單元的住宅群樓，由OMA and Ole Scheeren設計。值得注意的是，它的設計看起來像31塊磚塊不規則地堆疊在一起，類似于Jenga塊。獲稱2015年度世界建築。位於8公頃土地上的綜合體約 170,000 平方米。The Interlace有 31公寓樓，總共有1,040住宅單元，面積從800平方英尺到 6,300 平方英尺，適用於每個住房單元頂部的頂層。酒店設有游泳池、健身房、網球場、籃球場、兒童遊樂場、卡拉 ok 室和檯球桌等娛樂設施，為居民提供服務。

The Interlace是由Ole Scheeren 和OMA建築師事務所設計的。該專於2007年啟用，2013年完成。自2009年以來，該建築基地從新加坡政府獲得了99年的租約。酒店周圍環繞著幾個連接推廣「2012年新加坡綠色倡議」的公園。

The Interlace由六層樓方塊組成，以六角形的排列交錯，圍繞八個庭院。這些街區在中心高4層，最多提供 24 層。這幾乎為每個家庭提供了周圍地區的廣闊景色。空間庭院有游泳池，是建築的一部分，而不僅僅是事後的思考。《插曲》贏得了2015年世界年度建築。它不僅在新加坡，而且在世界各地都被環球電視網 (CNBC) 視為對傳統建築的挑戰。傑佛瑞從建築摘要描述了它作為 "引人注目的住宅複合體"。Raskin稱讚了Scheeren的設計說："建築師Ole Scheeren假設密集的都市居住生活不必要發生在一個隔絕的摩天大樓-並且他是正確的"。The Interlace獲得2014年城市人居獎(Urban Habitat Award)。

(資料來源：參考https://en.wikipedia.org/wiki/The_Interlace)



圖4.21 The Interlace 南向及西南向立面 資料來源：王才強教授提供)



圖4.22 The Interlace 設計模型及中庭俯視 (資料來源：王才強教授提供)

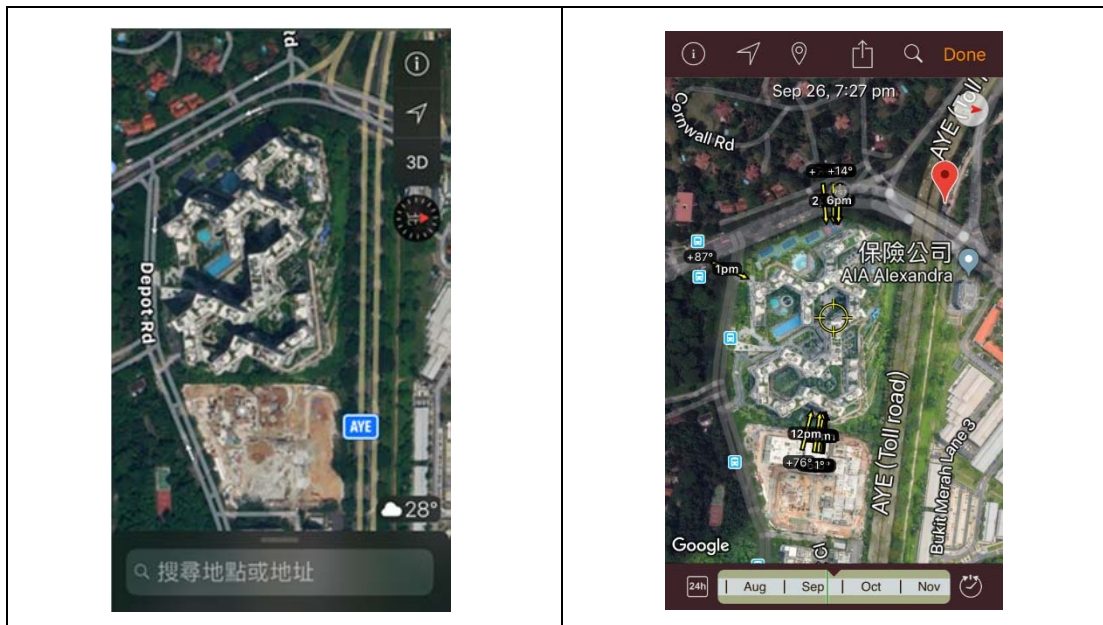


圖4.23 The Interlace 位置及太陽方位圖 (資料來源：Sun Seeker APP)



圖4.24 The Interlace 西北向及西南向立面外觀 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.25 The Interlace 西向及南向立面外觀 (資料來源：本計畫拍攝)

。



圖4.26 花園城市中的The Interlace立面外觀(資料來源：本計畫拍攝)

（四）參訪新加坡大學校園綠建築

本次參訪新加坡大學綠建築以Kent Ridge Campus為主，包括產學創新研發中心、耶魯學院及體育館等綠建築，由建築系王才強教授引領參訪，校園個別建築屋頂或外牆大量設計立體綠化，建築群落中庭環繞水景及複層綠化，並保留老樹，雨水收集利用於水景及澆灌；建築立面均設計外遮陽或搭配垂直綠化，以提高隔熱性能，屋頂及外牆立面部分除遮陽綠化外，並盡可能設置太陽能光電版，提高校園再生能源的來源。



圖4.27 新加坡大學產學創新研發中心綠建築 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.28 新加坡大學校園位置及配置圖 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.29 耶魯學院宴會交誼廳 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.30 耶魯學院宴會交誼廳棟外觀 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.31 耶魯學院滲透水設施 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.32 耶魯學院中庭老樹及複層綠化 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.33 耶魯學院中庭生態水池及遮陽板 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.34 耶魯學院宿舍棟及入口天方地圓一景 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.35 學生活動中心外觀及餐廳自然換氣 (資料來源：本計畫拍攝)



圖4.36 學生宿舍棟複層屋頂及太陽光電外遮陽板 (資料來源：本計畫拍攝)

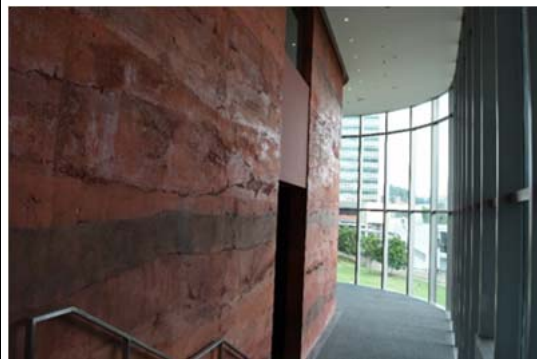


圖4.37 教學棟外遮陽與走廊採光 (資料來源：本計畫拍攝)

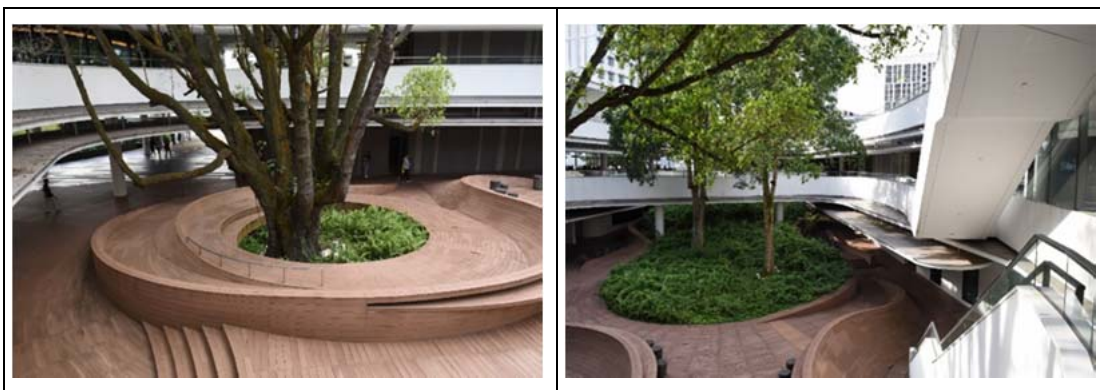


圖4.38 教學棟中庭保留老樹融合設計 (資料來源：本計畫拍攝)



圖3.39 本計畫執行人員於新加坡大學校園與耶魯學院留影
(資料來源：本計畫拍攝)



圖3.40 與王才強教授合影於新加坡大學校園 (資料來源：本計畫拍攝)

瞭解位處赤道線上熱帶雨林氣候區的新加坡，因應發展出的永續環境規劃與綠建築設計技術，包括建築綠化、隔熱、外遮陽、自然通風、空調換氣、節水及水資源再利用等，並導入資通訊技術提升建築智慧化與管理維護水準，同時強化產官學研的跨域整合，充分展現新加坡在建構健康宜居環境與共同推動地球永續發展的努力。

伍、心得與建議

一、心得

本計畫參加2018年9月5日至9月7日於新加坡舉辦的2018國際綠建築研討會(IGBC)，同時配合大會議程參訪當地綠建築標章案例，並參觀綠建築週系列活動之「2018年亞洲綠建築及室內裝飾展」(Build Eco Xpo (BEX) Asia) 及「2018年新加坡國際冷凍空調設備展」。在研討會議或參訪過程中分別與國際相關領域專家學者交流，更可藉由研討會之參與了解今後國際上永續智慧綠建築之推動方向，對於本所推動創新低碳綠建築、近零能源建築以及永續智慧社區政策規劃發展等有所啟發，並可作為本所第二期永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案研議參考。獲致心得如下：

- (一) 本次2018國際綠建築研討會由新加坡政府主導辦理，並結合綠建築室內裝飾及冷凍空調設備大型會展活動一併舉行，同時搭配公私部門綠建築標章個案技術參訪，有效整合產官學研各界力量，共創綠建築營建產業市場平台，並促進在地國際會展觀光商機，深獲新加坡各界支持。
- (二) 綠建築節能與永續環境議題世界各國政府嚴謹面對的政策方向，各國在推動這些施政項目時，均積極規劃產業發展與人才培育的配套措施，並透過國際研討交流或會展活動，包括營建產業代表、政策決策者、建築環境永續設計領域專業人士均踴躍參與，並展現強烈的合作意向，希望先進技術的推廣應用，爭取國際商機，因此每年參與的國家及專業人士規模均顯著成長，值得我國規劃綠建築政策藍圖、先進技術與整合解決方案參考。
- (三) 新加坡位處赤道線上熱帶雨林的氣候區，常年平均溫度在攝氏23度至31度之間，氣溫變化不大，雨量充足，空氣濕度高，氣候溫暖而潮濕，當地綠建築因應發展出適合這些氣候條件的永續環境規劃與綠建築設計技術，近年來並積極導入資通訊技術，提升建築智慧化與管理維護水準，展現新加坡在推動環境永續發展的決心與企圖。我國在智慧綠建築節能政策及健康居住環境與

綠建材產業發展等面向，應可積極借鏡，以掌握主導東南亞地區綠建築營建相關產業發展的先機。

(四) 我國推動綠建築標章制度以來，節能減碳成效可觀，未來如能參考本次考察所見之跨域整合經驗，搭配大型產業會展、案例參訪、技術研習及國際合作模式，並擴大推動境外綠建築評定認可，應有助於我國推動環亞熱帶綠建築產業熱區的發展。

二、建議

藉由本次研討會瞭解國際推動智慧綠建築及永續智慧社區政策規劃、建置及發展現況，並與與會專家學者、政府代表及業界人士進行意見交流，各國在政策規劃推動與技術發展分享的經驗，均可作為我國第二期永續智慧城市—智慧綠建築與社區推動方案、智慧綠建築相關科技計畫後續推動發展之參考。爰研提建議如下：

一、結合資通訊技術發展智慧綠色科技創新應用技術

調查盤點智慧綠建築設計、營建、設備、系統整合與營運管理、更新維護等資通訊創新應用技術，探討適合我國本土或環亞熱帶氣候區的智慧綠建築與智慧生活系統及設施設備標準與性能規範，據以發展推廣親民普及節能減碳技術及智慧化設備系統。

二、推動智慧綠建築產業國際交流與展示推廣

建議加強智慧綠建築展示推廣，應用智慧化居住空間展示場域及智慧綠建築示範基地參訪、旅遊等，跨域整合公私部門資源，強化我國智慧綠建築政策技術國際行銷；同時可規劃舉辦智慧綠建築、永續智慧社區、建築智慧節能與綠建材產業相關會展與論壇研討活動，促進產業技術國際交流合作，並配合開發適合國外參展人士的智慧綠建築觀光與技術參訪行程，以擴大旅遊服務商機。

陸、參考文獻

1. <https://www.bca.gov.sg/events/sgbw/index.html>
2. https://en.wikipedia.org/wiki/The_Interlace
3. <https://kirk.studio/projects/the-arc-ntu>