

出國報告（出國類別：考察）

建築外牆遮陽與屋頂隔熱節能措施與維護實務參訪

服務機關：國立科學工藝博物館

姓名職稱：葛子祥助理研究員、黃柏勛技士

派赴國家/地區：日本/東京與大阪

出國期間：108年8月27日(週二)-31日(週六)

報告日期：108年09月30日

摘要

基於本館導入國際認證之 ISO50001 能源管理系統建置後，除了重大能耗的空調設備精進改善外，更發現關鍵因素與外氣溫度高度相關，此屬建築型態之先天條件限制，但近年來針對降低外牆熱負荷的遮陽與隔熱技術不斷提升，許多環境條件類同的國外舊建築物(例如日本)，陸續出現創新方案，可作為本館改善建築與能源計畫值得參考的範例。

本次參訪地點以日本的東京、大阪為範圍，其環境氣候與人文條件相類似於台灣，視察對象主要以外牆遮陽與屋頂隔熱(綠化)為主，考察重點以創新設計構思與舊建物改善後維護情形，並透過類同博物館維護與經營管理，研議改善方案。

最後建議，科工館可以本次參訪經驗，研擬增設適當之屋頂綠化遮陽與隔熱，以及創意的立面遮陽設置，作為節約能源與環境教育推廣之目標。

目次

壹、前言.....	04
貳、參訪目的.....	04
參、參訪行程.....	04
肆、參訪過程.....	05
伍、參訪心得.....	19
陸、建議事項.....	20
柒、附錄.....	21

壹、前言

本次參訪與 107 年陳泰維之「博物館善用周遭環境現況進行節能措施實務參訪計畫」出國報告，有不同的目標與必要性。107 年是以照明、自然採光、太陽能、空調、手扶梯、建築、飲水機、廁所、噴灌等面相探討京都府京都文化博物館、京都市美術館、京都國立博物館、東京國立博物館、東京國立科學博物館、東京都美術館、東京三鷹之森吉卜力美術館是如何來達成節能減碳使命。報告中指出，本館在各樓層的 E 區走道及區環型屋頂還有宇宙之星上方屋頂均有充分利用自然採光來達到照明節能效果，只是其伴隨而來的太陽輻射效應缺點，在享受節能優點後此缺點是不該被忽視的；否則省了照明的電、卻額外增加空調用電，是否划算，可就未知數了，故如何避免太陽能直接輻射至建築物內部將留待後面再來討論（陳泰維，2017）。

貳、參訪目的

科工館秉持綠博物館願景目標，持續在建築節能方面的改善與探討，依據國際認證之 ISO50001:2011 能源管理系統進行分析關鍵因素，除了重大能耗的空調設備精進改善外，更發現關鍵因素與外氣溫度高度相關，此屬建築型態之先天條件限制，但近年來針對降低外牆熱負荷的遮陽與隔熱技術不斷提升，許多環境條件類同的國外舊建築物(例如日本)，陸續出現創新方案，可作為本館改善建築與能源計畫值得參考的範例。

所以本次參訪重點為建築外殼遮陽與屋頂隔熱降溫，參訪地點以日本東京、大阪為範圍，其環境氣候與人文條件相似於台灣，主要以外牆遮陽與屋頂隔熱為主，視察對象包括有日本國立新美術館（金屬外遮陽+翻新），東京表參道微熱山丘（木構建築更新），台東區立淺草文化觀光中心（木質外加遮陽+翻新），根津美術館（大屋頂功效），考察重點以創新設計構思與舊建物改善後維護情形，並透過類同博物館維護與經營管理，研議改善方案。

參、參訪行程

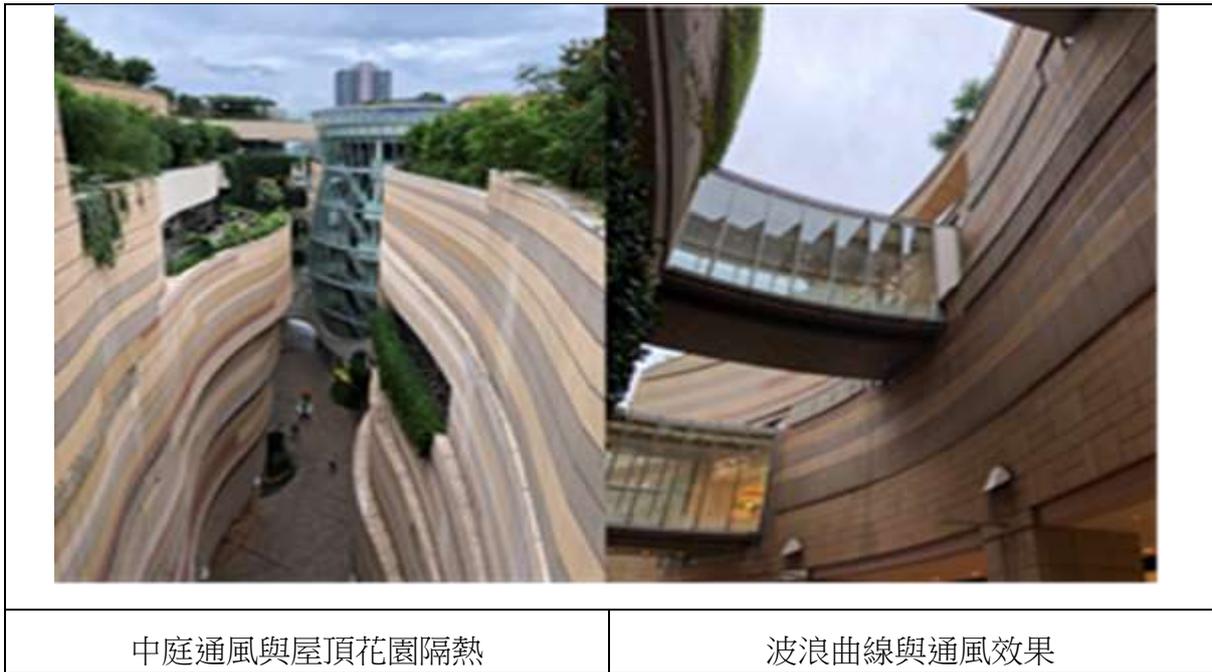
時間	實際行程	備註說明
108 年 8 月 27 日	高雄小港機場→大阪機場 難波公園之參訪	虎航
108 年 8 月 28 日	大阪→東京 國立新美術館之參訪	新幹線

108年8月29日	根津美術館之參訪 微熱山丘之參訪	表參道
108年8月30日	淺草文化觀光中心之參訪	
108年8月31日	東京成田機場→高雄機場	虎航

肆、參訪過程

一、難波公園(大阪)

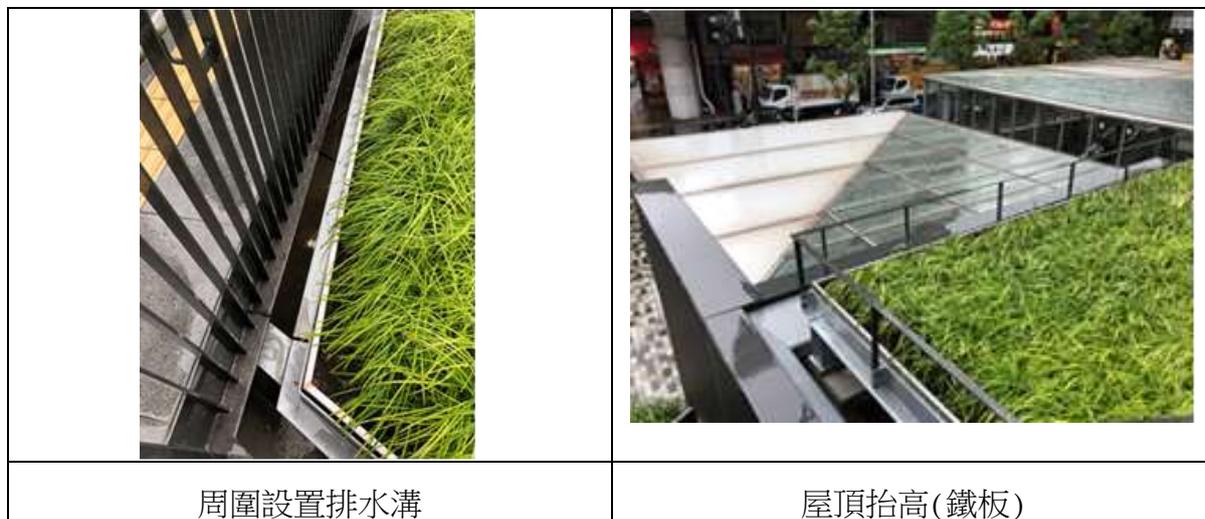
大阪難波公園為一座綜合性的購物商場兼辦公樓，結構物之牆面外觀，呈現波浪線條強調建築的流動感，同時兼顧陽光曝曬時間，以及通風散熱之效果。



鋼管支柱以木質出圖使其與現場生態達成一致性。鋼梁若有穿管處，會於穿管出口處以環型墊片固定，以避免穿管移動。接排水設施固定以∩形鐵件固定且固定見呈現相同間距，有其工業美感。



屋頂植栽並非直接於地表覆土進行栽種，地表覆土將使天花板有漏水之可能性，難波公園為將種植部分以整片鐵板先行抬高，並於周圍設置排水溝，如此一來水分可沿著周圍水溝排入既有管道，不易使水分四處漫流，也不易造成樓板濕潤而漏水之情形。



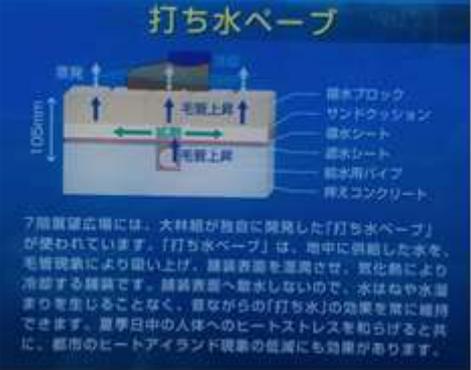
屋頂植栽除了隔熱降溫外，更有淨化空氣與美化視覺之功效，因為植栽下方作為機房，萬一天花板漏水也不會影響民眾使用，且管線可由植栽間穿梭，不影響屋頂面民眾之行走。



壁面以隔柵網固定攀藤植物，並非直接攀附於牆面上，此舉可避免植物由建築物裂縫竄入建築體，亦可達到室內降溫及綠化之功效。施工現場器具擺放十分整齊，現場乾淨整潔，且可以發現地面之圓孔蓋為避免土壤覆蓋於順向坡上方均設置擋片。植栽標示牌採用塑膠環扣，可隨著植栽生長而向外擴張，不影響植栽之發育，且成本較為便宜。

	
<p>壁面以隔柵網固定攀藤植物</p>	<p>圓孔蓋設置擋片</p>
	
<p>施工現場器具擺放整潔</p>	<p>標示牌採用塑膠環扣</p>

弧形鋼構接合十分有難度，但此構建接縫處呈現平滑無凹凸，技術十分純熟。現場發現一個特殊專利品，在平台處之地磚下方，有埋設細小水管，並將水分藉由磚縫之毛細現象到達磚材表面，以達到植栽澆灌及地坪降溫之功效，還有說明牌介紹。

	
<p>弧形鋼構優美</p>	<p>澆灌及降溫之特殊專利</p>

二、 日本國立新美術館(東京)

國立新美術館於 2007 年 1 月 21 日開館，位於東京的六本木，佔地 30,000 平方公尺，樓地板面積為 47,960 平方公尺，由日本文化廳國立新美術館設立準備室和行政法人國立美術館主導興建，地點位於東京大學生產研究所的舊址，為日本目前樓地板面積最大的美術館，也是黑川紀章在世時所完成的最後一件名作(維基百科)。

在國立新美術館中，我們發現建築就像藝術精品，演奏者自己的樂章，造型材料與空間光影的流動，讓參觀者溶入藝術、享受生活。建築的外觀以金屬框架支撐玻璃，呈現連續波浪的柔軟曲線，全面玻璃帷幕外牆與層疊重複的水平遮陽，將戶外的青山公園融入建築內，讓博物館內外整個光影變化成為表演動力，光影在曲線弧度的流動成為特殊空間的獨特魅力。



更重要的是在軟體服務上，這個美術館的標誌 LOGO 是由許多紅色線條組成的漢字「新」，由藝術指導佐藤可士和所設計，以水平與垂直流動的線條特色為基礎，呼應著空間中所交織出垂直水平線條、光影、色調的萬千變化。這種硬體設計理念與服務軟體呈現交互提升品質，連文宣 DM 都不斷地對映著原始創作故事與重點設計理念，令人映象深刻，這是我們在新美術館發現的博物館營運重點。

在平面配置上，展覽場域的空間是長條方型，謙虛的讓藝術品表現更多的媚力，而實木地板與垂直木條壁飾，內藏燈具映射出溫暖的黃色調性，貼心的淨化觀賞氣質。但在公共空間卻是弧變幻化，立面上以水平垂直的金屬框架構築出柔美的玻璃曲線，搭配著時光流動穿透進來的太陽光影，在這個空間中展

演著多重交響樂曲。有時候會懷疑太強烈的光或過度暗沉的影，是不是遮陽或採光出了問題(詳 107 年出國報告)，在這裡卻發現那只是樂章中的轉折高潮，重點在於我們如何去掌握與控制。參訪過程也發現一樓窗邊疑似有備用捲簾，作為異常需求的備案處理，這屬於營運細節並無損建築氣度。

	
<p>公共空間的活潑光影變化</p>	<p>展覽區的人口氛圍</p>
	
<p>弧變幻化的公共休憩區</p>	<p>美術館的標誌 LOGO</p>

室內叢立著兩座倒立圓錐體，一大一小的切割著公共空間，作為超大尺寸造型與線條連結呼應的隱形力量，其實就是餐飲空間，一個高達三層樓的是高級餐廳另一個則是咖啡廳。如果從外牆的曲線變化，還可以看出內部倒錐體的位置，像是倒立三角圓錐體將透明外牆向外推擠的張力感，表現出大空間彈性的戲劇對話，人的尺寸竟成為繽紛的小小點綴，只剩下無限的讚嘆。

外牆玻璃帷幕的入口設計，更是呼應三角錐形，像拉鍊般在玻璃立面上打開出入口，好玩的是入口前方的圓盤碟帽，竟是大型雨傘保存區，在日本這個嚴謹規矩的社會中，這個獨特的習性風貌(雨傘次文化)，完全表現在建築空間上，令人感到新奇有趣。

	
<p>餐廳圓錐體將透明外牆向外推擠</p>	<p>親切的小圓錐體是咖啡廳</p>
	
<p>外牆玻璃帷幕的入口設計</p>	<p>大型雨傘保存區</p>

另外令人感到貼心細緻的，包括有：走道休憩排椅竟是大師級的沙發作品、角落老人群聚的空間比比皆是高級造型椅、三角錐上方的高級空中餐廳更是精緻豪華、透明電梯的內部乾淨到發亮、間格 45CM 的水平隔熱玻璃上圓點遮陽非常有效、雙層玻璃窗上的水平防撞貼條的一致性、玻璃帷幕牆的格柵維修通道與欄杆、整個基地耐震對玻璃牆面的保護功能(有得獎喔)、連內庭木質休憩桌椅或地下室的精緻禮品商店、地板上的空調管線與出風口、木質扶手與底坪止滑顆粒、樓梯下方的線型燈具與色調、演講廳的造型門把、親子廁所的舒適尿布台、玻璃扶手清潔程度與邊角護件的材質、角落滅火器的造型告示牌、堆疊整齊的紅龍圍籬。

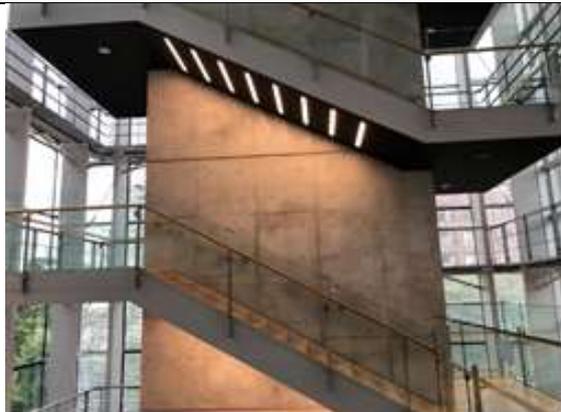
每個角落小地方與構件細節，投注了許多的細緻設備、人文關注、美感表現、默默地述說者籌建故事、設計理念與經營原則，原來藝術教育是如此打開生活經驗的視野，真的只有到達現場才有深刻的感受。



大師級的沙發作品



老人群聚的高級造型椅



樓梯下方的線型燈具與色調



玻璃扶手清潔程度與邊角護件的材質

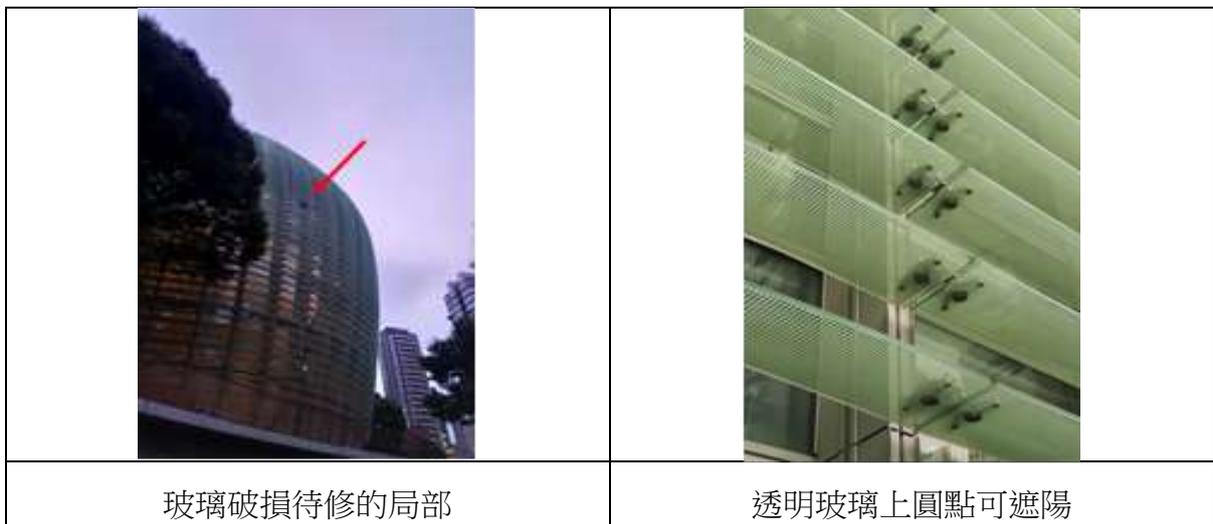


屋頂空中花園

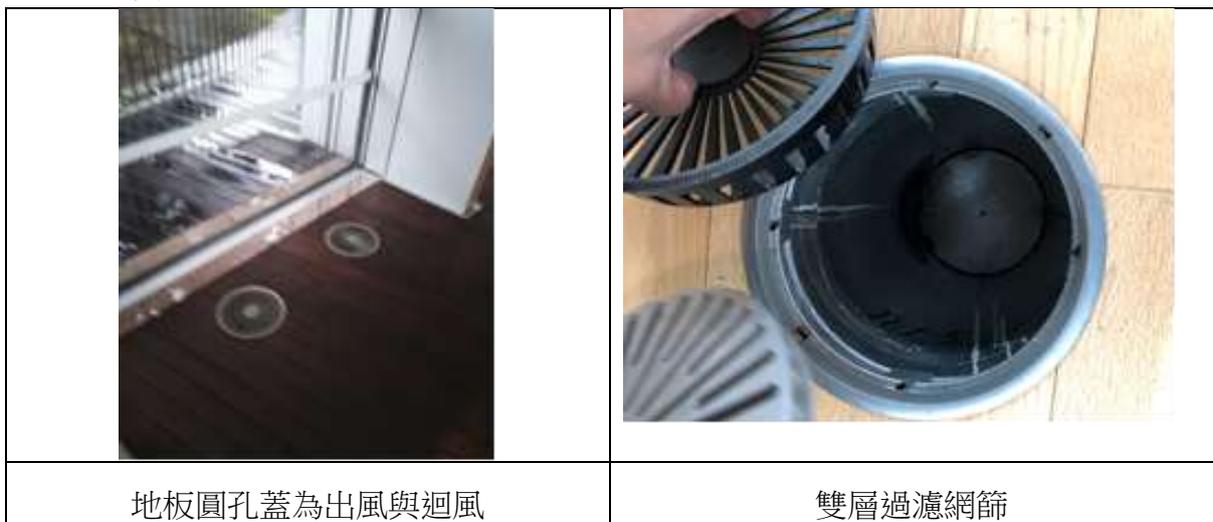


基地耐震對玻璃牆面的保護功能

在外遮陽的主題上，我們發現不可思議的反光又透光的玻璃材質，在立面造型與構件細節上，可以構築出美妙的光影質感與造型魅力，也發現營運功能的安全維護與維修通道的重視，特別是隔柵貓道與欄杆，不只安全無慮，也沒有粉塵清潔的負擔。但是，在戶外我們還是察覺到有玻璃破損待修的局部缺漏，不過並沒有掉落的危險疑慮，也沒有影響整體結構之安全。



其中令人驚訝的是空調系統，展廳樓層高度很高約 5-6 公尺，從地板圓孔蓋出風與迴風，非常不容易的打開來，竟發現向下 40-50 公分的深井風道，底層可以清潔或處理異物，中段側面銜接風管，面蓋簍空的垂直斜切，可以製造風流動方向，還有雙層過濾網篩，從日本建築相關網頁中查詢資料，才發現原來採用雙層樓板，半樓高的轉換層，作為結構支撐、機電管線、空調供應的空間。



入口正前方，目前擺設一座玻璃屋藝術品<光庵>的巡迴展品，竟然也是轟動一時的國際藝術作品，它的光影變化呼應著歷史與人文的交織情感，完全沒有違和感，不僅整體上吸睛，更令人驚豔。但是，我依舊喜歡原始綠油油草坪的設計意象，就像簡約禪風的屋頂花園，呼應著黑川紀章建築師，崇尚人文與自然融合<共生>的哲學風格。

同時在入口對面，發現一棟圓形舊建築物(此別館有說明牌)，原來玻璃帷幕型態與遮陽(垂直窗簾)之需求，是周遭環境中既有的特徵條件，並不是建築

師刻意強行加入的設計元素。

在戶外廣場與庭園景觀植栽上，發現好多細節值得學習，水溝蓋板有細格網防落葉，不鏽鋼休憩座椅有排水孔與防撞導角，樹木告示牌使用不鏽鋼彈簧，地坪坡度有各種銜接，連蓋板都鋪有一體面磚，戶外燈具的防燙護板...等等。

	
別館(圓形舊建築物)	入口前方之雨傘亭
	
不鏽鋼休憩座椅	水溝蓋板有細格網防落葉

三、 根津美術館

根津博物館的翻新擴建，把傳統與現代、繁華都會與寧靜自然相結合的優良案例。建築大師隈研吾把明治神宮、表參道和根津美術館比喻為啞鈴，兩頭是綠色森林由繁華商業街相連，雖然頭重腳輕但小巧的根津美術館卻給人很多驚喜。

根筋美術館內外種植了許多黃綠色的竹子，呈現筆直之線條感，利用竹子柔和的劃分喧囂都會和嚴肅的博物館的邊界，創造出隈研吾所謂「內與外的曖昧境界」，隈研吾在「境界」一書中，把這種分割空間的暖簾歸類為柔和界限。

根筋美術館搭配其竹子筆直之意象，外牆以黑色長形鋼板逐片包覆，與外圍竹子相互呼應，橫向的大屋頂相互交錯。入口處垂直線構成的 logo 由德國設計師設計，呼應重要的館藏屏風(有賣明信片)，也和背後的竹叢和建築十分相配。

	
<p>竹子筆直之意象</p>	<p>呼應外牆黑色長形鋼板</p>
	
<p>屋頂下方水泥板有效隔熱</p>	<p>外牆垂直鋼板與橫向大屋頂相互交錯。</p>
	

建築師保留了舊建築屋頂坡度，但是重新打薄延伸屋頂上方為黑色鋼板，與牆面直向鋼板形成對比又相互融合，屋頂黑色鋼板下方為水泥板，可有效隔熱，可惜因當天參訪時該館因特展布展，暫停開放參觀。於是我們移往繁華的

表參道，了解商業建築各種遮陽立面的不同風貌，與根津美術館的獨特差異特別顯著。而在日本街道多處於高低處，利用圓形凸點提醒行人階梯或高低差，可達到美觀又有其功能性。

	
<p>根津美術館的獨特風味</p>	<p>街道圓凸點提醒行人</p>
	
	
<p>表參道各類建築之立面遮陽</p>	<p>表參道各類建築之立面遮陽</p>

四、 微熱山丘(南青山)

微熱山丘為一棟外觀運用木構造進行遮陽及造型之建築物，外表用非常多的木條交錯裝飾，挺像鳳梨的感覺。樓高 3 層樓，1 樓為販賣部，2 至 3 樓為座位區供品嘗用，該建築物木構造接合方式為木桿件中間以鐵片進行接合，最下方與地面接觸處先以鐵件墊高 10 至 20 公分，再將木構件嵌至基座上，如此可避免木桿件直接接觸地面而使地面水氣造成木構造腐朽，光線透過溫暖的木材，在不同時間呈現光影變化，將室內的微環境營造的非常舒服，同時建築物內部均以木頭做為裝修及軟裝元件(桌子及椅子等)，使內外相互呼應，讓人有全面融入其中之感。

建築大師隈研吾，採用了日式傳統木製結構技術『地獄組裝』來打造的這棟特色建築。木構造採取雙層構造，以擬雙螺旋之方式進行搭設，表參道附近之建築物多處可看見雙螺旋之元素，使該區域有統一之設計元素及理念。該處提供台灣土鳳梨酥及手沖茶供免費品嘗，吃完喜歡可至 1 樓販賣部進行購買。

	
像鳳梨的木構造體	木構造接合鐵片
	
室內光影變化豐富	裝修及軟裝元件(桌椅)

五、 淺草文化觀光中心(台東區)

淺草文化觀光中心位於東京台東區淺草寺對面，外形為豎直堆疊的平房，每層的高度、屋頂角度、內部裝修各不相同。外觀每層樓均裝有不燃人造杉木板製成的外遮陽百葉構造，作為其遮陽裝置，每片木質遮陽板片間間距不盡相同，依據其內部使用性(例如觀賞區、展示區、影視廳等)而有所分隔，建築物本身採斜向分割，與一般建築物每層樓之明確分層不同，該建築物共 7 樓，最上方為餐廳及觀景台，觀景台可鳥瞰隅田川之景色及 ASASHI 之特色辦公大樓，夏季可觀看隅田川之煙火大會。

本建築物於 2012 年榮獲日本 GOOD DESIGN AWARD 之獎項，其外部木造遮陽板片採嵌入方式固定於鐵件上，並呈三角形造型。好玩的是戶外垂直木構造飾板是三角形的合成木材，垂直銜接之接合縫為鋸齒狀與水平疊合處，有錯落安排以避免老化同時開裂，地方文物館的材質用料確實有所差別，現場還是發現到木材榫眼劣化的情形。

而眾多的垂直線條，反映在立面與屋頂梁椽之間，特別凸顯出邊緣的天際線，仔細觀察會發現各樓層水平收邊線不只是樓層結構位置，還呼應對街的雷門斜屋頂，其實就是江戶時期建築物堆疊的立面造型，而穿插的三角位置剛好設計為通風百葉或空調換氣使用，所導致錯落繽紛的天際線，正剛好成為該中心的 LOGO 意象圖。其實依據隈研吾的設計資料，他重新塑造「淺草文化中心」的設計概念便是「創造熱鬧的建築」，訴求構想是重現江戶風情，在造型上呈現出日本傳統江戶建築之美，並嘗試結合傳統文化和建築式樣的特色以期能夠融入臨近生活空間。



	
<p>各樓層空間反映屋頂造型</p>	<p>LOGO 為天際線</p>

至於一樓屋簷之造型與對面之淺草寺相互呼應，呈現合掌之造型，建築物內部為服務中心、展覽室、演藝區、辦公區及頂樓觀賞及餐廳區，天花板均以木製構造進行裝修，達到內外一體及融合之美感。

另於展覽室內為使地面一體性，將地面出風口由不鏽鋼色系改為木質色系，使民眾參觀展覽時地板具一體性，使看展較為舒適。當然自然採光的問題還是在於太多或太少光影變化，所以現場各樓層還是發現有懸掛遮陽窗簾的現象，可以作為南台灣高雄建築內外遮陽的參考。

有別於國立單位的淺草文化觀光中心，是位於淺草雷門對街的建築物，採取垂直木條與水平天際線，隱約呼應對街之廟宇造型，在一樓轉角處還留有日式祭祀小神轎的位置，剛好正對淺草寺，有相互呼應及保佑民眾安全之傳遞意念。

	
<p>各樓有窗簾遮陽</p>	<p>展示區現況</p>

	
<p>一樓轉角處日式小神轎</p>	<p>各樓屋頂之交錯堆疊</p>
	
<p>戶外垂直木構飾板是三角形</p>	<p>文宣意象說明</p>

伍、參訪心得

- 一、 **新增構版進行綠化遮陽與隔熱：**屋頂增設抬高之構造版(如鐵板、石材、磁磚、塑木等)進行遮陽隔熱，不僅可以利用植栽綠化方便照顧，同時可避免室內漏水問題，以及管線維護之替代方案。從本次參訪難波公園，以及過程中表參道星巴克餐飲的屋頂花園，發現到屋頂花園的維護整理需要很大的關注，硬體設計之初應當考量整體換修的必要性，所以提高屋頂樓板或增設雙層樓板，會是南台灣多暴雨颱風的環境比較適當的方案，但是費用會比較昂貴。
- 二、 **立面遮陽裝置設計與軟體服務結合：**美術館或文化中心的機能條件應該規矩有序，但現代實際使用之需求卻要柔軟舒暢。像國立新美術館與淺草文化觀光中心的 logo 設計，就呼應著垂直水平的空間構材特性，所壓縮出曲線的趣味與驚喜，重新述說共生的意境！如果科工館未來希望在西曬面向建構外遮陽的設施，不僅可充分運用光影變化的特色豐富空間品質，更建議呼應原有建築物的科技造

型與質感色調，同時將故事延伸到觀眾服務的面向，不論是宣傳廣告或文創商品，共同教育民眾生活科學的藝術美感。

- 三、 **雙層樓板設置空調系統的新啟發**：如果科工館的展示挑高空間不容易更新，但是面對空調系統從天花板供應空調非常耗能，潮流上新建空調系統多半從觀眾的周圍身邊供應冷氣，那麼從國立新美術館的參訪經驗，何不大膽的將科工館展示廳重新架設懸吊天花板，將原有空調系統的風管向上穿越樓版供應冷氣，相關延伸問題在於展品位置與出風口關係，空調控制系統需注意對應調整樓層、穿越樓板的結構安全計算、風管銜接施工的細節安排...等等。所能解決的問題是大筆更新空調系統與風管安裝之費用，以及觀眾享受從身邊供應冷氣的舒適感，可是，以目前科工館展示廳的現況，動線配置不確定與參訪使用未集中的條件下，大幅修改空調系統將成為投資報酬的效益問題。這次參訪的複層樓版大膽構想，可以留待日後新方向的研究或評估。
- 四、 **仿生建料與木質構造的相互搭配**：本次前往日本參訪發現木質構造的運用非常普遍，但是也有好壞的運用差異(不論結構、質感、氣氛、收頭細節、方便性等)，同時老舊維護情形各有不同，更在旅途過程中發現仿生建材(例如鐵件烤木紋漆或貼皮)的競爭力，建議國內同時考量引進環境呼應之新建材，以及環境又善之綠建材，以達到相互搭配提升功效之目的。

陸、建議事項

- 一、 **適當之屋頂綠化遮陽與隔熱**：從南臺灣的溼熱環境下，屋頂綠化改善，具有一定的隔熱與遮陽效果，但是必須多方面考量(如載重、排水、竄根等)，建議採用複層樓版型態(利用鐵板、陶磚、塑木等)，作為綠化遮陽與屋頂隔熱之功效，特別是 **E區7樓走道頂層**、或**南館的屋頂**，在隔熱效果不彰的情形下，適合建置改善，同時達到綠化與節能目標。
- 二、 **創意的立面遮陽設置可提升品牌效應**：科工館西曬面包括有公共區域與辦公空間，都需要檢討能源使用與遮陽設施的效益，針對日本建築物外牆遮陽之創新方案琳瑯滿目，且結合 **建築大師之設計理念**與**延伸到軟體服務**(文宣廣告等)，共同提升館所特色之創新營運方式值得學習，同時可以讓民眾了解能源與環境議題的教育目標。