



建築外觀充滿立體綠化與陰影變化的階梯造型



全區植栽配置圖

No. 13 台達電子--南科廠

作品名稱：台達電子工業股份有限公司南科廠房

設計單位：林憲德（國立成功大學建築系教授）

/ 石昭永建築師事務所

座落位置：台南科學園區

GPS座標：N23. 12122 / E120. 27611

（十進度單位）

構造：鋼筋混凝土

樓層數：地下一層、地上四層

基地面積：18, 931. 12m²

建築面積：4, 202. 23m²

總樓地板面積：20, 583. 4m²

設計期間：2004年2月～2004年9月

施工期間：2004年10月～2005年9月

台灣第一座綠色廠辦

過去，大家總認為電子廠房是高耗能、高污染的建築物，但「台達電子綠色廠辦」卻是一個標榜生態、節能、減廢（低污染）、健康的綠色建築教育實驗場所。它是國內第一座獲得內政部綠建築EWH評估系統九大指標全部評估通過的建築物，也是目前我國第一座獲得「黃金級」綠建築標章認證合格的建築物，同時也獲得內政部「2006年最佳優良綠建築大獎」的肯定。

水與綠的悠然

本案基地內不僅保留44%的綠地面積，將植栽沿著基地周圍串連成極佳的綠網系統，並與基地外已有的南科綠網相連整合。在基地北側設計兩處喬木灌木混種的生態密林，以最少管理、最不受人為干擾的綠地作為野鳥及昆蟲的棲地。積極創造許多「多孔隙生物棲地」，由於多孔隙生物棲地乃是提供小生物藏身、覓食、築巢、繁殖的小生物世界。本案在生態水池提供一些充滿多孔隙空間的水岸，在密林區內堆置枯木、薪材、亂石、空心磚的小丘，以容納多樣化的小生物棲息。這些看似雜亂的廢棄場，卻是千變萬化小生物共生的集合住宅。本案並設置三處生態水池，以半滲透的池底結構、多孔隙的自然護岸與豐富的水岸植物，形成良好的水岸生態系統，引來很多水鳥、蜻蜓、青蛙。半滲透的生態水池，在暴雨時可匯集周圍雨水，擔任生態滯洪池的功能，對防洪與基地保水有很大的貢獻。本案利用二層、三層、四層層層退縮、韻律變化的屋頂平台、陽台作為誘鳥誘蝶灌木的立體綠化，這種立體綠化可以連結綠地被巨型建築物分割的問題，減少生物垂直水平移動的障礙，因此可以形成昆



誘蝶誘鳥的植物



鳥類被生態環境吸引過來居住所築的巢



逐層退縮的陽台進行綠化，形成一條立體的綠色廊道



半滲透的生態水池，在暴雨時可匯集周圍雨水，擔任生態滯洪池的功能，對防洪與基地保水有很大的貢獻

蟲鳥類移動的網路，而可被稱為立體生態綠網。一進基地便可以看到基地內道路、戶外停車場及人行鋪面均採用透水磚、連鎖磚、陶磚等透水鋪面（貨櫃重車路徑除外）加上滲透溝及草溝的設計，以增加土地貯留雨水與涵養地下水源之能力，提高調節大地氣候之功能，同時提供了土壤水份與空氣，藉以促進土壤生物的生存空間。

優異的建築節能設計

在外觀上，它有如一座充滿立體綠化與陰影變化的熱帶五星級觀光旅館；許多人認為高科技廠房就要有晶瑩剔透的玻璃大樓與閃閃發亮的金屬外牆，事實上，大面透明的帷幕玻璃大樓正是炎熱氣候的能源大殺手，根本不適合台灣。台達



北向開窗以階梯外型所產生的陰影提供遮陽

電子反而以「深深的遮陽」與「豐富的陰影」的亞熱帶建築表現，來塑造南台灣的風土特色，並達到最有效的建築節能設計。建築物的東西向開窗以深遮陽搭配金屬垂直水平遮陽板，南向開窗則採水平遮陽板，北向開窗則較自由地以階梯外型所產生的陰影提供遮陽。並以金屬百葉導光板導引自然光進入室內中庭，以增加室內採光的均齊度，及節省空調與照明耗電量。本建築的地下停車場完全沒有一般停車場的陰濕與臭味，因為本案地下室四周設置採光通風的天溝，室內中間也挖掘許多採光通風小天井，讓地下室有如半戶外般光亮乾爽，其自然通風效果使停車場維持著良好的室內空氣品質。



生態密林中創造多孔隙環境



鋼構折板的造型營造壯觀的入口意象



位於屋頂之太陽能光電板與熱水器，採用明管設計並設置於可拆卸固定架上，將來維修時無須傷及結構體



利用採光井創造出明亮舒適的地下室

高效率的設備

至於設備節能部分，除了採用高效率的空調系統與照明燈具，本設計特別在生態中庭之天窗上，採用台達電子自己生產的太陽能光電板，以作為太陽能利用的示範。本案設置系統容量21.6千瓦的單晶光電板，以發電效率3.3(kWh/日)計算，全年總發電量為26,017kWh，約佔全棟工廠用電量的1.3%。本案同時採用太陽能熱水系統，以提供廚房熱水之用，可說是再生能源最佳的再生能源示範佳例。合理的照明可以提高工作情緒，增加產量與改善品質。本大樓全面採用電子式安定器、高發光效率燈管、高反射率遮光板的高效率燈具，大約可節約照明用電1/3，同時可延長照明使用壽命40%(與省電燈泡相比)。本案也採用高效率冰水主機、全熱交換器、可變風量(VAV)系統、變頻冷卻水塔、變頻送水馬達、CO₂濃度外氣控制等最先進的空調節能系統，不但可提高室內空氣品質、杜絕病態大樓症候群的發生，同時可節約空調用電30%以上。

建築其實也可以很環保

另一方面，降低天然資源的使用也是本案貫徹綠建築的信念。尤其國人常用的水泥是高耗能、高污染的建材，對地球環境衝擊甚劇，因此本案全面採用30%爐石粉的高爐水泥作為鋼筋混凝土的材料，其結構最終強度為一般水泥的1.4倍。爐石粉乃是煉鋼廠的爐渣廢棄物，以它做為材料的高爐水泥，不但可減少大量爐渣、粉塵、空氣懸浮粒子的廢棄物，同時可節約能源、減少二氧化碳排放量。

「耐久設計」是以延長建築物的使用壽命的方法，達到節約地球資源，並減少營建廢棄物



大廳中設置一座「友善的樓梯」除了省能外，也可讓員工適時的運動抒解緊繃的身體



中庭上方之採光通風塔可控制啟閉



明亮的大廳，室內大廳所營造出的自然環境



餐廳的裝修材料採用低甲醛的環保油漆粉刷，並採用建築回收廢棄物製成的礦纖板作為天花板材料

的目的。本設計以水管、電管、瓦斯管、消防管等設備之「明管設計」，來增進建築物的耐久性性能。此外，現行一般大樓常將太陽能裝置、預鑄水箱、廣告架、冷卻塔、變電設備等大型設備直接安裝於屋頂防水層上，常常造成設備改裝時破壞屋頂防水層而漏水。本設計將屋頂層所有設備設施設計成懸空結構體，以便與屋頂防水層分離，好讓在日後對於設備與防水層的維修更新不會彼此損傷破壞。

打造一座健康的企業建築

許多大樓的設計喜歡把電梯做在大廳前，而把樓梯藏於隱蔽處，讓員工全部以電梯上下班，不但浪費能源，也容易讓人際關係緊張冷漠。本案設計一座綠意盎然的生態中庭，在中庭中設置一座光亮輕巧的樓梯，讓老闆、管理者、員工在上班時可穿梭在綠意之中，所有員工上下樓層時喜歡以走樓梯方式代替非人性化的電梯，以便創造健康活潑的工作環境。為了員工的健康，盡量採用採用低甲醛、低重金屬的環保油漆作為牆面粉刷，採用建築回收廢棄物製成的礦纖板作為天花板材料，採用煉鋼廠廢棄物的爐灰部分替代結構體鋼筋混凝土的材料，尤其在空調系統中以CO₂自動偵測來提供充足的新鮮外氣量，並以全熱交換器來減少外氣的耗能，可說完全提供了一個兼顧健康與地球環保的工作環境。本大樓內所有水栓、馬桶、淋浴器具全面採用附有省水標章的省水器材，以確實貫徹節約用水之精神，平均可節水30%，再加上利用屋頂、露台截取雨水，並收集至設置於地下室200噸之雨水貯水槽，經過簡易處理後，作為庭園澆灌用水。所有戶外庭園不但全面仰賴雨水澆灌，同時以自動偵濕系統偵測下雨狀況，在雨天時自動停止澆灌系統。



施工時設置各種防空污設施

首座黃金級綠建築標章的建築

過去許多企業，由於企業大樓不良病態環境所引起的請假、工作效率低落、醫療浪費，無形中造成企業莫大的負擔。因此優良空調、優良工作環境的設計，不但是企業的最佳投資報酬率，對工作健康及節約能源也有莫大好處。綠色建築不但是地球環保的最大實踐，也是員工生活健康的最大保證。更重要的是「綠建築」並不是昂貴的，而是以最普通、平凡、廉價的一般綠建築技術（建造費只有一般水準），達到最美麗、最生態的永續建築水準。以上種種的努力使台達電子南科廠房成為台灣第一座獲得EEWH評估系統九項指標全部通過、並獲得「黃金級」綠建築標章的建築物。縱觀本案對於綠建築的努力成果，本設計的節能效果高達31%，營建廢棄物減量效果達10%，日常節水效果為50%，同時可提供充足的鳥類及昆蟲的食物來源。然而這座黃金級的綠色建築以關懷環境為出發點，以平凡、簡單的技術即可達成，綠建築設計其實就是關懷環境，更是綠色生活態度的實踐。



深遮陽及金屬遮陽板配置在可拆卸之底座上，將來維修時無須敲除或傷及結構體便可以直接更換



本案徹底落實垃圾分類運動



社區內的綠化串連

No. 14 大地莊園社區開發

作品名稱：大地莊園社區開發

設計單位：林子森建築師事務所

座落位置：台南縣麻豆鎮

GPS座標：N23. 22256 / E120. 22113

（十進度單位）

構造：鋼筋混凝土

樓層數：地下一層、地上三層

基地面積：16, 271m²

建築面積：6, 575. 35m²

總樓地板面積：22, 313. 24m²

設計期間：2003年3月～2003年11月

施工期間：2004年4月～2006年6月

綠意盎然的生態社區

一般社區的綠化空間都嫌不足，但是大地莊園卻以創造大面積的綠化空間為訴求重點。本案位於台南縣麻豆鎮，社區街道栽種行道樹外，棟距間的空地，亦植以灌木、草皮、花叢，讓社區綠意盎然，令人留戀的社區花圃，可以隨意散步。1, 900坪的社區公園，種植許多適合本地生長，及誘蝶誘鳥之植栽，具有綠化及生態保育功能。越來越多鳥類造訪大地莊園，連罕見的菱角鳥都來報到，自然生態公園發揮了生態保育功能，另外更集結了造景、及擔負社區雨水集水與再利用的功能。



戶與戶之間的空地進行綠美化

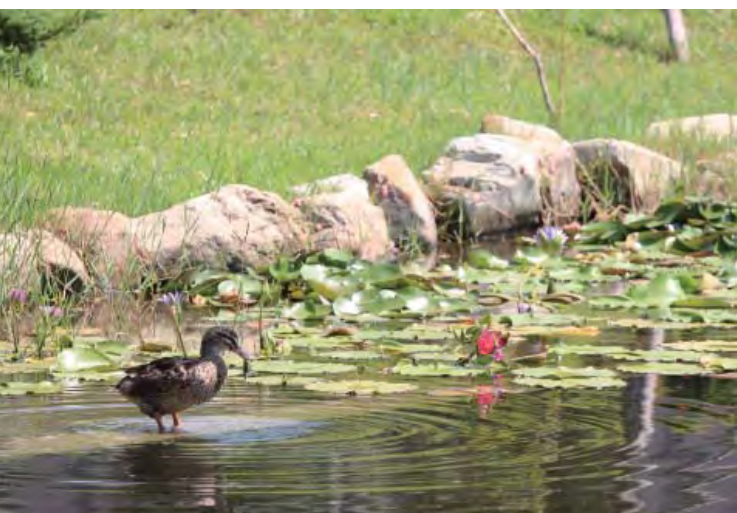
節能的住宅住的更舒適

良好的住宅設計可以讓人住的更健康，本住宅相當重視室內的採光及通風性能，以深窗設計阻擋陽光直射入房，可有效降低室內溫度；並將地面層抬高約一扇窗戶的高度，讓地下室也可以擁有採光及通風的條件，可做為傭人房、工作室、視聽室、娛樂室等多種空間利用。住宅外觀採斜屋瓦設計，外殼節能效率提高，可節省冷氣使用量。戶戶至少兩面採光，所有居室空間均可自然通風，並有通氣孔之設計，更可利用樓梯作為通氣管道之路徑。一樓大廳採大面積深開式落

地窗，所以可達到自然採光、散熱及通風效用。玻璃窗的種類選擇使用綠色色板玻璃，設計開窗面退縮並鋪設斜屋瓦。深窗、斜屋頂、外殼設計，都注意到建築物的節能效益。本案利用南台灣的烈日，每一棟住宅的屋頂處設置太陽能集熱板，兼具隔熱及節能效益。



可吸納大量社區雨排水的濕地



正在水池邊覓食與戲水的水鴨

社區的水資源再利用

環保是現代世界的重大共同課題，特別設計雨污水分流系統。乾淨的雨水和家庭廢污水分開配管，廢污水流至污水暫存槽暫存沉澱，再經陰井過濾後才以連通管經衛生下水道，由污水處理廠經過處理後，再回收作為社區行道樹、中庭、公園等公共設施植栽之灌溉用水；雨水則以管線直通公共排水溝流至社區公園集水區，雨、污水分流系統，不但能創造一個美好、舒適、健康的環保環境，更能節省能源，節省共同管理費用的支出。



樓梯間的開窗外以凸出的量體來達到遮陽效果



可利用樓梯作為通氣管道之路徑



具有良好景觀視野的社區公園



每一棟住宅的屋頂處設置太陽能集熱板，產生的熱水可供浴室與廚房使用



社區內的植栽方式以複層綠化手法



可上下推拉開啟的玻璃門，讓風可進入室內



地面層抬高約一個窗戶的高度，可將光線引入地下室



臥室採雙面開窗有利通風與採光



使用的馬桶採用兩段式沖水以節省更多水資源



糸滿市政廳位於沖繩海邊，最大的特色就是建築四周外牆被各種不同形式的外遮陽板覆蓋

No. 15 糸滿市役所（日本沖繩）

作品名稱：糸滿市役所

設計單位：日本設計

座落位置：日本沖繩縣

GPS座標：N26. 1313 / E127. 666

（十進度單位）

構造：鋼筋混凝土

樓層數：地上五層

基地面積：13, 844m²

建築面積：6, 143m²

總樓地板面積：15, 434m²

完工時間：2002年3月

沖繩遮陽建築風格的展現

當你行走日本沖繩縣的街道上時，可以看到路邊的建築物立面上經常使用各種鏤空的空心花格磚，使用鏤空的空心磚其主要目的是為了讓風不受阻礙，可以順利的進入室內達到通風的效果。這種充滿陰影孔隙與深遮陽外觀的傳統沖繩建築風格，在糸滿市政廳上也可見到，它也選取沖繩當地的傳統建築元素為操作手法，充分反應出具通風性能的建築特性。

豐富的外遮陽設計

市政廳位於沖繩海邊，最大的特色就是建築四周外牆被各種不同形式的外遮陽板覆蓋，用來



入口處涼爽的陰影空間與壯觀的遮陽板



遮陽板與窗戶保留一段距離，可以保持空氣流通達到更好的隔熱效果



建築物北向的立面以垂直遮陽板的方式進行設計可以引進穩定的陽光，同時達到隔絕日射熱的功能



東西兩向的立面以格子遮陽處理

有效隔絕沖繩炎熱的陽光。建築物北向的立面以垂直遮陽板的方式進行設計，可以引進穩定的陽光，同時達到隔絕日射熱的功能。而東西向的立面以格子遮陽進行設計，這是因為日出與日落的陽光入射角度較低，透過具有斜度的格子遮陽來抵擋陽光。遮陽板與窗戶保留一段距離，可以保持空氣流通達到更好的隔熱作用。內部空間一樣可以維持明亮的辦公環境。透過紅外線溫度攝影機，我們可以清楚觀察到建築物的表面溫度。在陽光直射的部分呈現紅色區域表示溫度較高，而綠色的區域表示溫度較低，可見遮陽板發揮良好的遮蔽效果。

優異的建築整合型態陽光電系統（BIPV）

糸滿市役所也是一棟將太陽能光電板與建築遮陽融合設計（BIPV）的傑出案例。當走近位於建築南面的外遮陽棚架下方時，馬上被高聳的氣勢所感動，這是以沖繩民間傳統建築的深出簷樣式為理念所創造出的空間，能夠讓建築物避開強烈的日曬，降低空調的負荷，創造涼爽的陰影空間，仍可維持室內明亮的採光。這個遮陽架長達25m，從側邊觀察可以發現棚架由下往上逐漸傾斜，橫樑上裝有數量多達1,000片的光電板（每片大小為100cm×50cm），每片光電板的角與間隔均是經過精心設計。同時為了防止強烈海風與鹽分的侵蝕，光電板以兩片強化玻璃緊壓保護，同時傾斜的光電板下緣保持排水順暢，避免鹽分累積影響發電效率。而傾斜裝設光電板



是一棟將太陽能光電板與建築遮陽融合設計（BIPV）的傑出案例



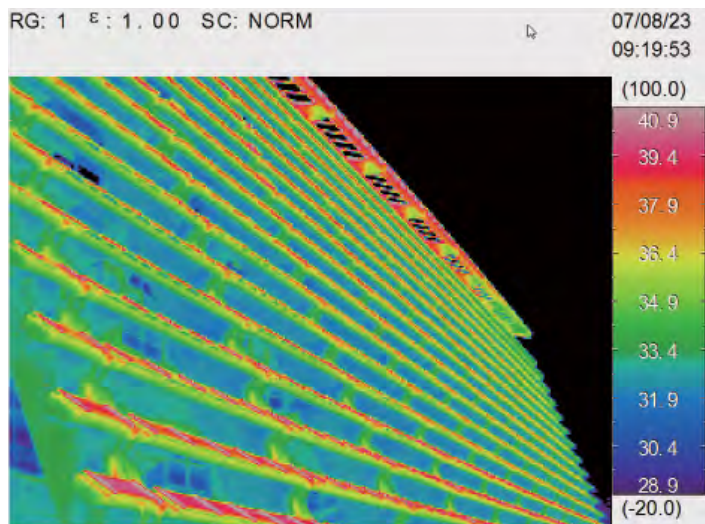
考量到日出與日落的陽光入射角度較低，透過具有斜度的格子遮陽來抵擋陽光



充滿陰影孔隙與深遮陽外觀的傳統沖繩建築風格

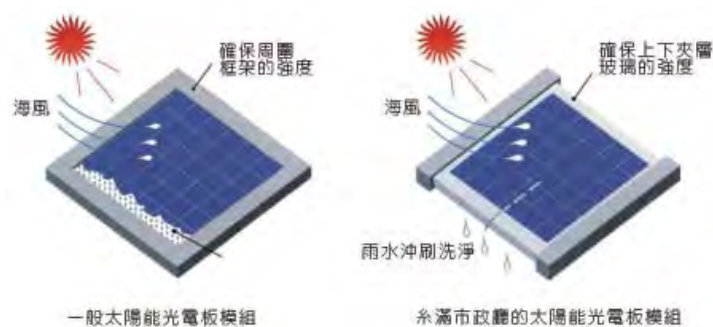


建築師設計了兩處引進自然光的綠化中庭，陽光可從上方的開口投入



透過紅外線溫度攝影機，我們可以清楚觀察到建築物的表面溫度。在陽光直射的部分呈現紅色區域表示溫度較高，而綠色的區域表示溫度較低

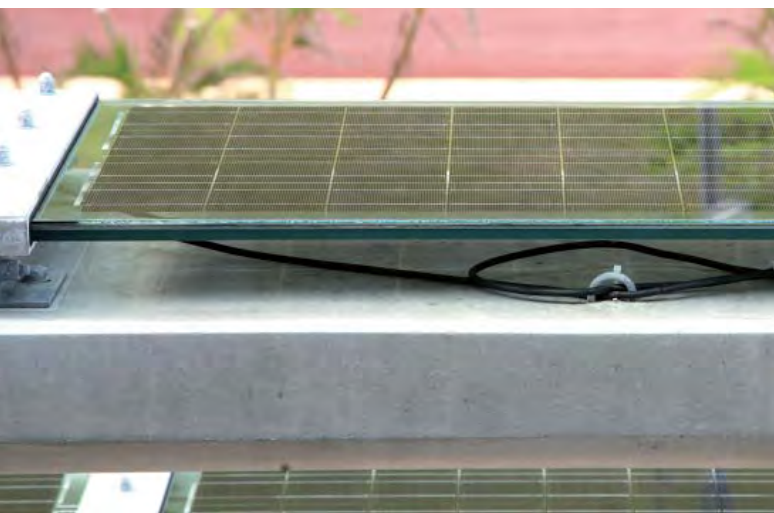
的目的正是避免下方的光電板被上方的光電板阻擋，以求得最佳的發電效率而設計的。層層疊架的水平光電板也具有遮擋南向角度較高的太陽光之作用，將太陽能光電板結合外遮陽板的設計，極富創意。除了南向的太陽能光電板設計外，屋頂處的光電板依據太陽移動的軌跡配置，以求最佳的發電效率。同時為了避免颱風季節強烈的風壓造成發電板損壞，採取間隔的方式架設，減少強風的威脅。光電板的總計容量為196千瓦，在政府辦公建築中屬於規模最大的，可提供的電力約佔全棟建築每年消耗電力的八分之一。在全部48億日圓的施工費用中，購買太陽能發電設備的費用約為4億5000萬日圓。根據2002~2004年的統計，每年都可發電20萬度以上。負責設計的是競圖獲選的「日本設計公司」，該公司的建築設計部門首席建築師近宮健一說：「在像沖繩這樣日照強烈的地區，擋住日光照射所帶來的節省能源效果相當明顯。利用遮陽板覆蓋建築物的外牆後，估計每年能降低約3成的熱負荷。與太陽能發電板一體化的設計，更可從自然陽光中帶來可觀的發電量」。



傾斜的光電板下緣保持排水順暢，避免鹽分累積影響發電效率



明亮的「民眾洽公區」



為了防止強烈海風與鹽分的侵蝕，光電板以兩片強化玻璃緊壓保護



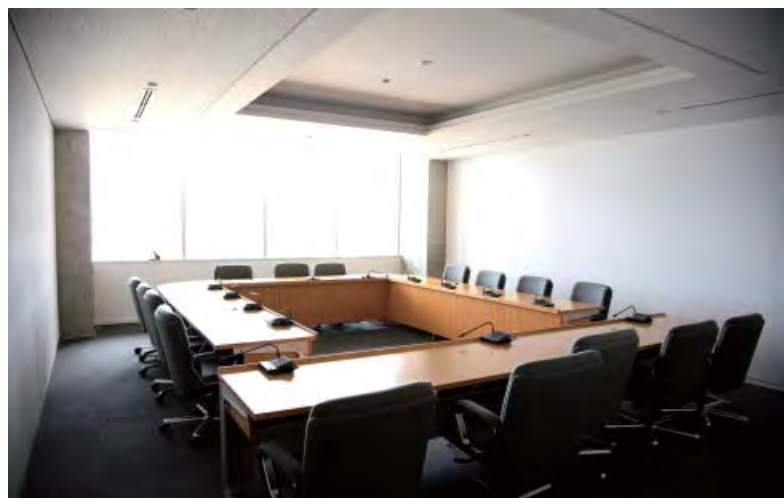
建築物傾斜裝設光電板的目的是避免下方的光電板被上方的光電板阻擋，以求得最佳的發電效率



明亮的室內大廳



內部空間一樣可以維持明亮的辦公環境



位於建築北面的會議室



明亮的「等候區」營造了輕鬆愉快的辦公氣氛



為了避免颱風季節強烈的風壓造成發電板損壞，光電板採取間隔的方式架設減少強風的威脅，並依據太陽移動的軌跡採弧形配置，以求最佳的發電效率



明亮的電梯間



HGEC位於一塊乾熱又貧瘠的基地上，是美國日照率最高的地區



本建築是通過美國綠建築評估制度（LEED-NC）白金級的綠建築設計

No. 16 夏威夷Gateway能源中心 （美國夏威夷）

作品名稱：Hawaii Gateway Energy Center

設計單位：Ferraro Choi and Associates

座落位置：夏威夷Kona島

GPS座標：N19. 7155 / W156. 035（十進度單位）

構造：鋼筋混凝土與鋼構

樓層數：地上一層

基地面積：334m²

建築面積：111m²

總樓地板面積：111m²

完工時間：2005年1月



獲選2007年美國十大綠建築

距離台灣東邊8,500km遠的太平洋夏威夷群島上，有一棟令人驚豔的綠色建築，它是「夏威夷Gateway能源中心（Hawaii Gateway Energy Center，以下簡稱為HGEC）」。該中心曾在2007年獲得AIA（美國建築師協會）與COTE（環境委員會）評選為美國當年十大綠建築，也是通過美國綠建築評估制度（LEED-NC）白金級的綠建築設計。HGEC位於一塊乾熱又貧瘠的基地上，平均的日間溫度為31.1~32.2℃，平均相對濕度為85%~90%，平均年降雨量為254~432mm，是美國日照率最高的地區。該地區主要風向為南風，

平均風速為每小時10~20英哩，由於基地鄰近海邊，會將具腐蝕性鹽分的海風吹襲進來，因此建築物的設計面臨許多挑戰。但是正因為環境如此惡劣，所以能使一些被動式的節能設計（Passive Design）得以實行。

幾乎零耗能的空調系統

本建築使用的空調系統相當特殊，幾乎不用耗用太多的電力就可運作；甚至在夏季室外溫度高達34℃時，室內溫度仍然可以維持在26~27℃左右。究竟是什麼樣的方式可以如此省電呢？原因在於使用冰冷的海水作為如同一般的空調系統

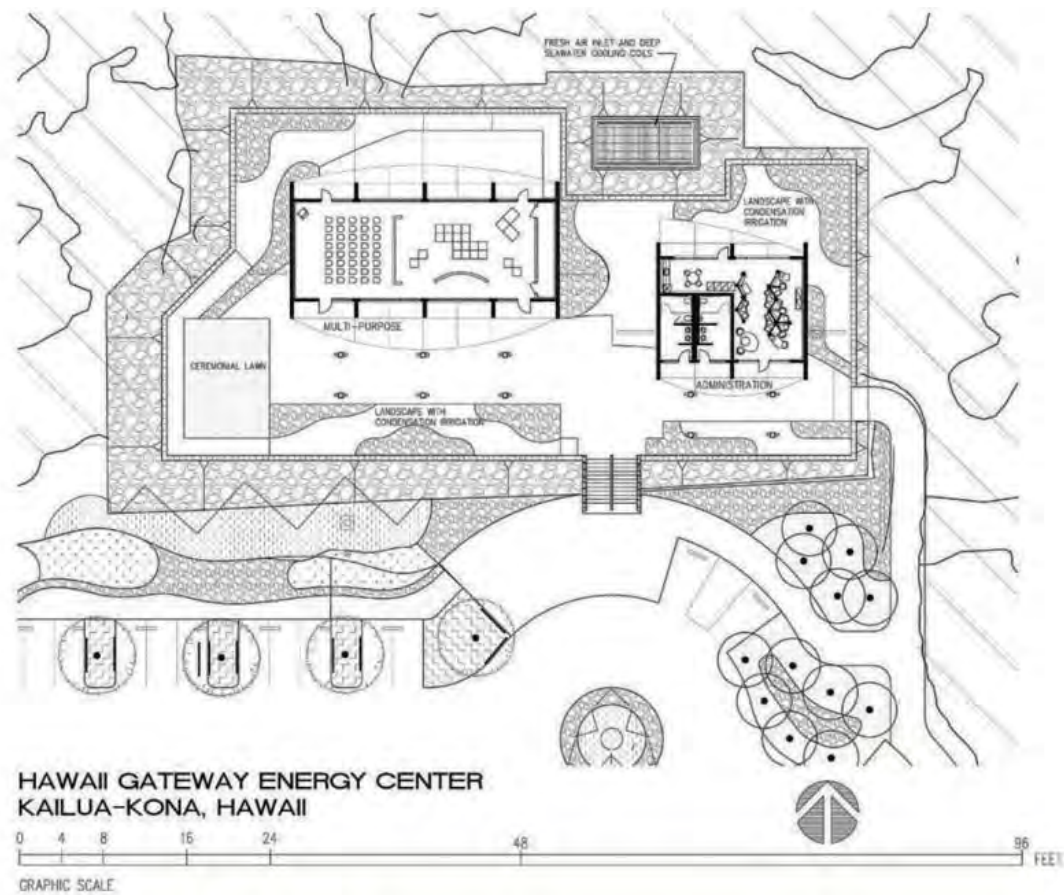


屋頂外架設了20千瓦的太陽能光電系統，充分利用了當地高日照率的優勢，平均每年可提供約24,455度的電力

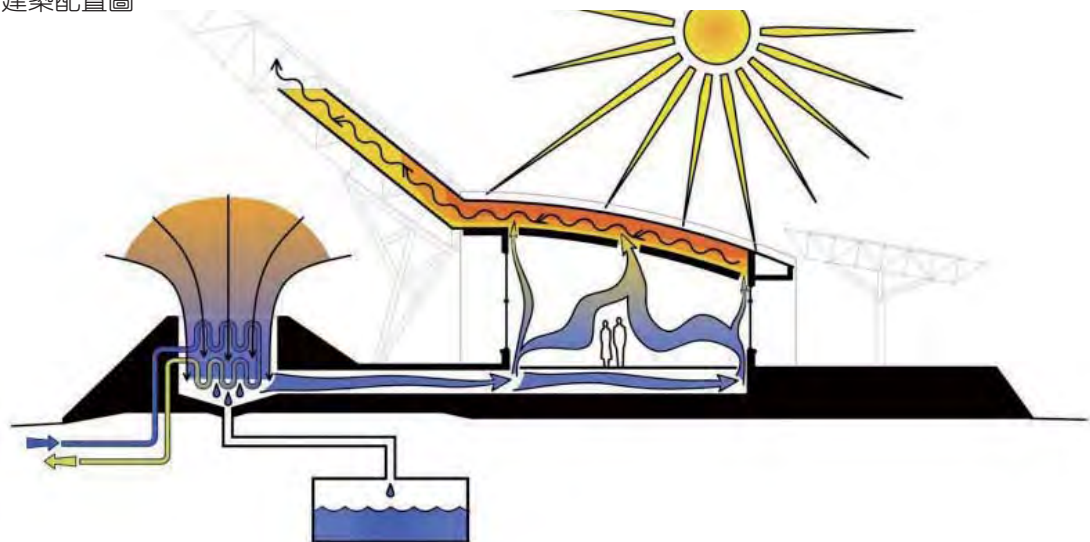


中使用的冰水為冷源，透過熱交換的方式讓空氣降溫。由於本建築距離西邊的海岸約1.5km，利用位於海邊的抽水站抽取深達3,000呎（914m）的冰冷海水，再利用直徑約55英吋（140cm）的送水管送到本棟建築外的一處換氣口進行熱交換。當冰冷的海水送達這棟建築物後，海水通過多層且密集的細小水管，讓空氣通過時可以達到降溫的效果。為了發揮更多的節能效果，本建築不使用任何的機械換氣設施（如：抽風扇或電扇等設備）便能帶動氣流流通，是利用「浮力通風」的原理來達到此一目的。所謂的「浮力通

為了抵抗炎熱的環境，外牆利用厚度約20cm的混凝土空心磚，內部更添加了隔熱材料，使整體的隔熱性能達到十分優異的效果



建築配置圖



本建築利用浮力通風與海水，使空調系統達到極省能的效果



建築物的長軸為東西向，此設計是為了獲得良好的日照，並以出簷與光電板做適度的遮陽

風」，係利用溫度的差異來達到空氣流動的效果。為了讓浮力通風的效果更好，本建築的屋頂採用銅製的材質處理，來達到最佳的集熱作用。當空氣被加熱後會往上升，從天花板的縫細進入後由建築周圍的14個煙囪排出，當熱空氣吸出後，高架地板下經海水冷卻過的涼爽空氣就會吸入充滿整個教室或研究室。這樣的誘發機制讓空氣形成一個流動的效果，不需要額外機械動力就可以發揮類似空調冷氣的效果，是一個相當高明的設計手法。因此在空調系統上僅有用來抽海水的泵浦才會消耗能源，根據Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority (NELHA) 對

HGEC提供的海水價格為每1,000加侖（3,785公升）0.32美元，可說是相當便宜的價格。

再生能源的利用與建築節能設計

本棟建築物的屋頂外架設了20千瓦的太陽能光電系統，充分利用了當地高日照率的優勢，平均每年可提供約24,455度的電力。基本上，這棟建築的設計便是用來使用太陽能，並將其架構位於建築外，同時也替房屋遮陽及降溫。所以，這樣的結構有兩種作用：一個是做為太陽能板的基礎，另一個就是讓房屋保持涼爽。這建築產生的太陽能可提供相當於本建築兩倍的電力，也就



當空氣被加熱後會往上升，從天花板的縫細進入後由建築周圍的14個煙囪排出



將冰冷海水送到本棟建築外的一處換氣口進行熱交換



當冰冷的海水送達這棟建築物後，海水通過多層且密集的細小水管，讓空氣通過時可以達到降溫的效果



教室或研究室位於地板的出風口，讓空氣形成一個流動的效果，不需要額外的機械動力就可以發揮類似空調冷氣的效果，是一個相當高明的設計手法



室內裝修選用白色的裝修材，達到室內空間明亮的效果



從換氣口下方處觀察，可看見管壁間滴下的冷凝水

是這房屋用電量的兩倍，包括抽取海水做空調用的用電。HGEC的執行長Ronald N. Baird表示：「在夏威夷島這裡，以我們所付的電費，這房屋經過這樣的安排，基本上每千瓦小時的電只需37分錢。所以從這種角度來看的話，這個房子每月可以省下幾千美元」。

我們可以清楚看到建築物的長軸為東西向，此設計是為了獲得良好的遮蔭與日照，使用大面積的室外窗及增加樓高加強日光的取得，並在室內裝修選用白色的裝修材，達到室內空間明亮的效果。因此在白天上班時間裡（8：00～18：00），不需要額外的人工光源做為環境照明；當需要人工照明時，會經由感光器判斷後開啟。

同時此建築也擁有良好的隔熱性能，外牆的U值為0.158（ $\text{w/m}^2 \cdot \text{k}$ ），8英吋厚（20cm）的混凝土空心磚牆內側還添加了絕緣隔熱材；建築開窗部採用Low-E玻璃且隔熱值可達1.1（ $\text{w/m}^2 \cdot \text{k}$ ）的優異水準。整體建築的節能效果相當傑出，相較於美國冷凍空調學會在ASHRAE 90.1-1999中對建築物最小的耗能設計值，HGEC僅有其建議值的25%耗電量。



水管表面凝結滴下的冷凝水，做為澆灌庭園與室內的衛生器具用水



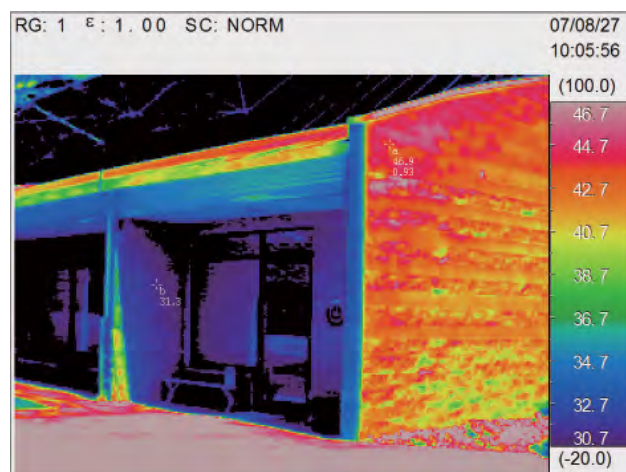
高架地板下經海水冷卻過的涼爽空氣就會吸入充滿整個教室或研究室

材料與水資源的珍惜

由於基地附近取水不易，因此充分發揮節水的觀念進行設計，其中在水資源的利用上，係利用空調熱交換後，水管表面凝結滴下的冷凝水，做為澆灌庭園與室內的衛生器具用水。同時本建築在室內裝修時使用大量的再生建材，包括使用了含有再生材的樓地板磚、橡膠地板及地毯等。也為了節省建材運輸的能源使用，選用當地生產與製造的建材興建。本建築為了降低室內污染源，顧及使用者的身體健康，選擇了零VOC逸散的乳膠漆，規定建築物全面禁煙。並鼓勵使用者回收資源垃圾，因此在建築物外設置方便可及的資源回收點，回收塑膠與鋁罐。整體而言，本建築融合了多項嶄新的設計手法，充分發揮低耗能、低污染的綠建築設計，相當值得我們學習。



在建築物外設置方便可及的資源回收點，回收塑膠與鋁罐



透過紅外線攝影機我們可以看到建築物外牆與陰影處的表面溫差可達15度以上



該所學校共有九棟建築物44間教室，圖片中有一立牌說明底下有一個雨水貯水槽

No. 17 夏威夷Punahou Case Middle School (美國夏威夷)

作品名稱：Punahou Case Middle School

設計單位：John Hara And Associates

座落位置：夏威夷歐胡島檀香山

GPS座標：N21.3008 / W157.828

(十進度單位)

構造：鋼筋混凝土

樓層數：地上兩層

基地面積：13,006m²

完工時間：2004年10月

獲選全美2006年最佳綠色校園

Punahou學校於1841年成立，是一個歷史相當悠久的學校，本次介紹的建築Case Middle School則是隸屬於Punahou學校的東南方，提供給美國初中教育中6～8年級的學生就讀。該中學共有九棟建築物、44間教室，可容納1,000名位學生。由於該校相當重視學生的環保觀念之養成，因此在建校時建築師與學校教師便充分溝通，在雙方密切合作下，該所中學通過美國綠建築評估制度「LEED-NC ver 2.1」之評估，獲得金牌級的綠建築（43分／總分69分）；同時也榮獲2006年美國最佳綠色校園指標（Green Schools Guide），這也是第一棟在夏威夷獲得黃金級綠建築的建築作品。



陽光、白牆以及陰影創造出悠然的校園風格

綠色校園的實踐方法

該中學是一個充滿熱帶風格的美麗校園，校園中隨處可見陽光照射在白色的牆面上，與屋簷創造的陰影形成一個和諧的畫面。建築師在規劃時便考慮到長年東北風向的路徑，因此採用分散的建築配置與走廊，讓涼爽的東北風更有效率的流過建築群，校園不會過於炎熱。由於夏威夷陽光充足，因此校園建築相當重視外遮陽設計，該校主要透過深出簷與水平遮陽板來達到上述的目的。有效的利用遮陽板與導光的應用，減低空調負荷以及白天照明用電量。該所學校採用先進的儲冰式空調系統，利用夜間較便宜的電價製冰後，白天再行溶冰讓熱交換後的冰水送達每間教室作為冷源。同時為了降低空調負荷，全面採用

低輻射Low-E高性能玻璃。對於再生能源的應用方面，主要是作為教育訓練目的，因此並沒有大規模的設置，只有在科學教育教室的屋頂設置，用來教育小朋友對於再生能源的認識。

該校在再生建材的應用上落實的相當徹底，例如學校門窗的鋁料有60%是使用回收之鋁料所製成；甚至地板也是使用回收的橡膠所製成的橡膠地板，表面特別壓製成粗造的紋路可避免學生滑倒受傷。教室內的課桌椅等家具亦使用Herman Miller公司推出的一系列回收材料所生產的家具，包括學生使用的置物櫃也是利用回收的牛奶塑膠瓶再製而成。雖然整體的造價昂貴，但是校方認為這對環保有所貢獻，因此也樂於這樣的投資。在教育方面為了不讓學生攜帶過多書本到



斜屋頂的深出簷達到良好的遮蔽效果



校園建築相當重視外遮陽設計

校，學校提供給每位學生一部Mac筆記型電腦，讓教學可以更方便也更活潑。雨水是一個很寶貴的水資源取得方式，如果可以設置雨水貯留槽，加以貯集再利用於庭園澆灌或廁所用水器具的使用，即可解除不少水荒的壓力。由於夏威夷的水資源取得不易，因此該校相當重視水資源的回收使用。每棟建築均可見到外露的雨水回收管，它收集了全校每棟建築的斜屋頂排水，將雨水統一回收到埋藏在地下的預鑄式雨水貯集槽，儲水槽容積可達12,000加侖（45,425公升），將雨水有效再利用不任意浪費。為了節省更多的水資源，該校也使用最新開發的免沖水式小便斗，專利設計的漏斗式排水孔，內部利用特殊可分解的液體封住逸散的臭味，省下可觀的用水量。



每棟建築物外均可見到外露的雨水回收管

重視環保與永續發展的教育理念

行政公關Laurel Bowers Husain表示：「因為Punahou學校是一個以學生為主的學校，我們深深覺得讓學生們了解永續的意義，如何做環保，他們就會學習到什麼是環保。他們能做什麼，我們能做什麼，是相當重要的一件事。所以，一開始的目的就是教育學生環保以及永續的意義。我們覺得給學生樹立一個好榜樣對學校來說也是很重要的。另外，對學校來說也有一個附加利益，就是節約成本。當你努力去做環保，實際上就節省更多花費。所以，在財務上對於我們學校是有幫助的，而且它也建立起孩子們的認知。我們不斷地灌輸永續的觀念，並討論更多永續的其他方法，但我認為對學校要樹立起榜樣是



校園興建時便預先埋設一個容量12,000加侖的貯水槽

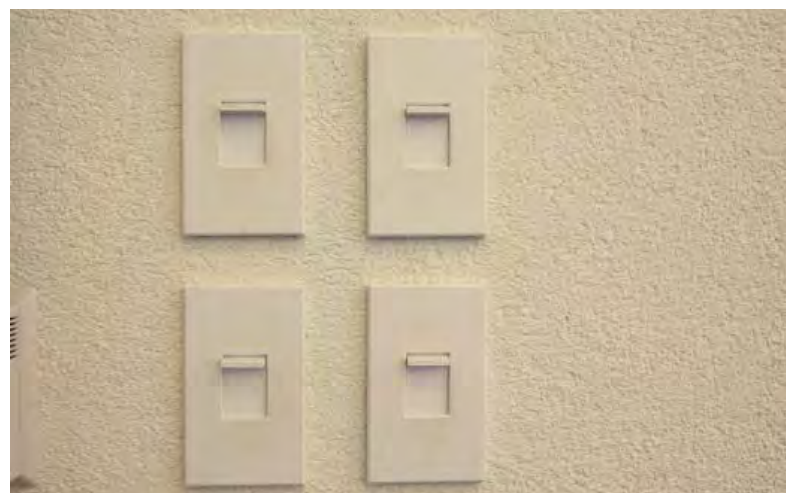
很重要的，當你要求孩子們去做其他事時，至少要先為他們樹立榜樣」。這是一所相當重視學生對資源應用與教育的學校。



燈具全面裝設電子式安定器，並有感光裝置配合無段控制開關使用



每間教室均有外推窗，同時全面採用高性能的Low-E玻璃



全面使用無段控制開關，可微調控制燈光的明暗



示範教學用的太陽能光電板系統



小便斗的排水孔處內部利用特殊可分解的液體封住逸散的臭味



採用最新開發的免沖水式小便斗



課桌椅等家具也是使用回收材料所製成，門窗的鋁料有60%是使用回收之鋁料



使用回收牛奶塑膠瓶再製而成的置物櫃



採用夜間較便宜電價製冰的儲冰式空調系統



使用回收橡膠再製而成的橡膠地板

參考文獻

中文文獻部分

1. 西安建築科技大學綠色建築研究中心，1999. 06，「綠色建築」，中國計劃出版社
2. 李國忠、林俊成，1999. 09，〈森林資源吸存效果與京都議定書〉，全球變遷通訊23期，台大全球變遷研究中心
3. 李國忠、林俊成，2000. 09，〈森林資源二氧化碳吸存與碳排放權交易〉，全球變遷通訊26期，台大全球變遷研究中心
4. 林憲德，1989. 02，「建築空調耗能評估之研究」，文山書局
5. 林憲德，1999，「城鄉生態」，詹氏書局
6. 林憲德，2005，「台南市住宅區街廓透天住宅用電解析」，都市與計畫期刊，第34卷，第3期
7. 林憲德，2005，「綠建築解說與評估手冊」，內政部建築研究所研究報告
8. 林憲德，王松永，2001，p85-99，「都市綠化對二氧化碳固定之效果」，中華林學季刊34卷.
9. 林憲德等，1987, 04，「建築空調耗能分析用"平均氣象年"資料之研究」，國科會專題研究 NSC 75-0410-E006-33
10. 張又升，2002. 06，「建築物生命週期二氧化碳減量評估」，成功大學建築系博士論文
11. 張晴原，2004. 07，「中國建築用標準氣象數據庫」，機械工業出版社
12. 彭宣穎，2005. 06，「集合住宅開放空間環境因子與鳥類群聚關係之研究」、成大建築研究所碩士論文
13. 黃榮堯，1998，「建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，內政部建研所委託研究報告
14. 綠色奧運建築研究課題組，2003. 08，「綠色奧運建築評估系統」，中國建築工業出版社
15. 歐文生，2000，「建築物室內裝修環境負荷評估之研究」，成功大學建築研究所碩論
16. 鄭光炎，2002. 10，「透水性鋪面」，綠營建工程研討會論文集，台北
17. 龍惟定，2005. 10，「對我國建築節能發展戰略的思考」p3，暖通空調35卷增刊
18. 薛立敏、蔡麗娟，1991，「從英、美、日、新住宅政策之比較看我國住宅政策應有之方向」，住宅政策與法令研討會論文集p9-29，中華民國住宅學會
19. 聶梅生、秦佑國、江憶、宋序彤等，2001，「中國生態住宅技術評估手冊」，中國建築工業出版社
20. 蘇慧貞、江哲銘、李俊璋，2000，「空調系統之使用對商業區辦公大樓空氣品質之影響研究」，國科會環保署科技合作計畫
21. 綠建築在台灣-第一屆優良綠建築設計獎作品專輯，2003，內政部建築研究所
22. 綠建築在台灣-第二屆優良綠建築設計獎作品專輯，2004，內政部建築研究所
23. 綠建築在台灣-第三屆優良綠建築設計獎作品專輯，2005，內政部建築研究所
24. 綠建築在台灣-第四屆優良綠建築設計獎作品專輯，2006，內政部建築研究所

英文文獻部分

1. Architectural Record, 2003. 02. 03.
2. Baldwin R., 1998. 10, Environmental Assessment of Buildings in the UK, An International Conference on the Performance Assessment of Buildings, Vancouver, Canada.
3. Bevirt D. EW. , 1984, Environmental Systems Technology, NEBB.
4. BOMA, EPRI, Stastical Abstract in RMI “ Greening the Building and Bottom Line, 1994”
5. Canadian Wood Council, 1997, Comparing The Environmental Effects of Builing Systems, Wood The Renewable Resource No. 4.
6. Canadian Wood Council, 1999, Life Cycle Analysis for Residential Builings, Wood The Renewable Resource No. 5.
7. Cecil D. Elliott, 1992, Technics and Architecture, MIT Press, Cambridge, Massachusettes.
8. Conrads U., 1964, “Programs and manifestoes on 20th-century architecture” ,Daniels K. 1997, The Technology of Ecological Building, Birkhauser , Switzerland.
9. Davidson E. A., 2001, “You Can’t Eat GNP” , Cambridge, Mass.
10. Drew J., Fly M., 1964, Tropical Architecture-in the dry and humid zones, Robert E. Krieger Publishing Company Huntin Gon.
11. Elaine S. J., 1994, Simplify Your Life, Hyperion Books?
12. Fathy H., 1986, Natural Energy and Vernacular Architecture, the University of Chicago Press, Ltd., London.
13. Franz Alt, 王琪等譯, 2005, 「Die Sonne Schicktnuns Keine Rechnung. Neue Energie- neue Arbeitsplatz (中譯: 太陽電力公司)」, 新自然主義
14. Givoni B., 1976 , Man, Climate And Architecture, Applied Science Publishers LTD.
15. Givoni. B, 1998, Climatic Considerations in Building and Urban Design, Van Nostrand Reinhold, New York.
16. Guedes P., 1979, The Macmillian encyclopedia of Architecture and Technological change, The Macmillian Press Ltd. London
17. Herzog, T., 1996, Solar Energy in Architecture and Urban Planning, Prestel Verlag, Munich.
18. IPCC, 1990. 06, Policymarks Sammary of the Scientific Assessment of Climate Change.
19. Laura C. Zeiher, 1996, the Ecology of Architecture, Whitney, New York.
20. Lloyd Jones, D. 1998, Architecture and the Environment, Bioclimatic Building Design, Laurence King Publishing, London.

21. Minkoff, E. C. 1983. *Evolutionary Biology*. Addison-Wesley.
22. Nabokov P. & Easton R., 1989, "Native American Architecture", Oxford University Press
23. New Encyclopædia Britannica, 1990, vol.9, 15th Edition, Encyclopædia Britannica Inc.
24. Newman, M.T. 1952: The application of ecological rules to racial anthropology of the aboriginal world. *American Anthropology*, 55, p311~327
25. Miller G. T., 1986, "Environmental Science", third edition, Wadsworth, Belmont, California
26. Olgyay V. 1973. *Design with Climate*. Princeton University Press
27. Oxley M. and Smith J. 1996G. *Housing Policy and Rented Housing in Europe*, E&FN Spon
28. Paul Hawken, Amory and L. Hunter Lovins, 1999, *Next Industrial Revolution: Creating The Next Industrial Revolution*, Little, Brown and Co., 吳信如譯2002, 《綠色資本主義—創造經濟雙贏的策略》, 天下雜誌
29. Philip Drew, 1972, "Third Generation: The Changing Meaning of Architecture", Pall Mall Press
30. Philip Steadman, 1975, *Energy, Environment and Building*, Cambridge University Press.
31. Ricard A.H. & George M.W. 1989.06, *Global Climatic Change*, Scientific American
32. Robinette G. O., 1977, *Landscape Planning for Energy Conservation*, Environmental Design Press
33. Rudofsky B., 1964, *Architecture without Architects*, New York, London.
34. Schueller W. 1980, "High-Rise Building Structure", Krieger
35. Schumacher E. F., 1973, "Small is Beautiful", Blond and Briggs
36. Seattle Public Utilities, 1999, Thornton Creek Riparian Corridor Maps, Resource Planning Division.
37. Steadman P., 1975, *Energy, Environment and Building*, Cambridge University Press.
38. Steele J. 1977, *Sustainable Architecture*, McGraw Hill
39. Vale, B. & R., 1991, *Green Architecture, Design for a Sustainable Future*, Thames and Hudson Ltd, London
40. Wines, J., 2000, *Green Architecture*, Taschen, Italy
41. Weizacker, E.U. von, etc., 1997, *Factor four*, Earthscan, London (吳信如中譯, 2000, 「四倍數」, 聯經出版社),

日文文獻部份（あいうえお順）

1. 石川恒夫譯，2000. 03，Holger Konnig著，「健康な住まいへの道」，建築資料研究社
2. 石田健一、木戸一成，2000，”工業化住宅のLCA手法に関する研究”，日本建築學會大會大會講演梗概集
3. 石福 昭、伊香賀 俊治，1993，「ライフサイクルCO2による建物の評價」，「建築設備士1993 3 地球環境特集」，建築設備技術者協會
4. 市川 新，Maksimovic, C, 1988, 「都市域之雨水流出與抑制」，鹿島出版會
5. 市川健夫，p5，「日本の風土と風の文化誌」，「風と建築」，INAX出版
6. 泉靖一編，1978，「住まいの 原型」，鹿島出版社
7. 乾正雄，1978，「照明と視環境」，理工圖書
8. 岡建雄，2000a，「LCCO₂の試算方法」，日本「建築技術」雜誌
9. 岡建雄，2000b，「グリーンオフィスの設計」，オーム社
10. 加藤裕久、小松幸夫，1986，「木造専用住宅の 命に する調査研究--累積ハザード法による壽命推定」，日本建築學會計畫系論文報告集第363號
11. 空氣調和衛生工學會，1995，「地球環境時代における建築設備の課題」，空氣調和衛生工學會
12. 杉本尚次編，1982，「住 む，憩 む」，日本交通公社
13. 鈴木秀夫，1975，「風土の構造」，大明堂
14. 高橋元，2000. 03，p270~281，「健康な住まいへの道」（石川恒夫2000譯），建築資料研究社
15. 太田邦夫，1985，「ヨーロッパの木造建築」，講談社
16. 巽和夫，2002，「進化する建築保全」，學藝出版社
17. 土地綜合研究所，1994，「環境都市のデザイン」，きょうせい
18. 都市綠化技術開發機構特殊綠化建築研究會，1996，「新・綠空間デザイ技術マニュアルNo. 2」，誠文堂新光社
19. 日本建築學會，1992，「建築が地球環境に與える影響」日本建築學會建築と地球環境特別研究委員會
20. 國土交通省住宅局，2003，「CASBEE Manual」，建築環境省エネルギー機構
21. 吉村元男，1995. 02初版，「ランドスケープデザイン」，鹿島出版會
22. 林憲德，1981, 02, 「台灣における建築の省エネルギーに関する研究」，日本東京大學碩士論文
23. 林憲德，1983, 12, 「地域の氣象條件に基づく期間熱負荷と建築の外皮構成に関する研究」，日本東京大學博士論文
24. 望月亞希子、秋田 剛、平手小太郎、安岡正人，1999. 9，日本建築學會梗概集
25. Science News，1993. 07. 03
26. 水と鋪裝を考える會，1997，p114，「よくわかる透水性鋪裝」，山海堂

國家圖書館出版品預行編目資料

亞熱帶的綠建築挑戰 / 林憲德, 郭柏巖 主編. -

- 初版. -- 台北縣新店市：內政部建研所,

2008. 03

208面 ; 25公分

ISBN 978-986-01-3344-8 (平裝)

1. 綠建築 2. 建築節能 3. 作品集

921. 9

97003344

亞熱帶的綠建築挑戰

出 版 者：內政部建築研究所

地 址：23143 台北縣新店市北新路三段200號13樓

電 話：02-89127890

傳 真：02-89127826

網 址：<http://www.abri.gov.tw>

發 行 人：何明錦

監 修：陳瑞鈴

主 編：林憲德 郭柏巖

美術編輯：郭柏巖 沈威志

印 刷：秋雨印刷股份有限公司

展 售 處：政府出版品展售門市 五南文化廣場(04)22210237

本所員工消費合作社：(02)89127890分機224

初版一刷2008年3月

定 價：新台幣350元（全彩色平裝）

ISBN 978-986-01-3344-8 （平裝）

GPN 1009700459



什麼是綠建築？什麼是EEWH系統？台灣為什麼不採用外國的綠建築系統？亞熱帶是我們的風土，福爾摩沙是我們的鄉土，「亞熱帶的綠建築挑戰」正是給予這塊土地應有的尊重與榮耀。本書不好高騖遠，也不追隨歐美時尚建築風潮，特別挑選熱濕氣候的本土綠建築作品為主要內容，同時遠赴同樣位於亞熱帶氣候的日本琉球與美國夏威夷，蒐集著名的綠建築實例，作為我國綠建築設計的他山之石，是一部立足於亞熱帶氣候，放眼地球環保的精彩綠建築教材。



ISBN 978-986-01-3344-8



GPN 1009700459

定價 400 元