

建築專業如何參與循環經濟

What Architects Can Do about Circular Economy

文／張清華・李金威

第一次聽到「循環經濟」，是2016年看到荷蘭舉辦第一屆的循環經濟熱點博覽會的訊息，由政府驅動，宣告其國家將循環經濟的產業模式列為這個世代負責任面對環境的開發模式，之後歐洲幾個國家紛紛支持，持續接辦。台灣在政府5+2產業創新計劃中，循環經濟第一次出現在政府政策宣言中，為打造下一個世代能在零污染零廢棄物卻更有競爭力的環境，改變過去為了追求經濟發展，仰賴以資源來推動直線型不歸路的模式。相對於世界在討論的工業4.0，有友人開玩笑說，現在我們要回到0.0，但要回到0.0，其實要靠工業4.0中以數據驅動的能量，因為所有未來科技的發展應該是以努力讓地球回到過去資源豐沛的環境，並讓人類享有更美好的生活。

循環經濟與綠建築一樣，它們其實從來都不是一個新名詞，工業革命前在地球資源能源還未被如此快速開發使用前，那時候的匱乏是因沒有科技帶動更舒適的生活，今日的匱乏是因為了過更舒適的生活，科技所驅動的線型經濟讓資源即將耗盡。建築業曾經被政府比喻為帶動周邊經濟活動，產業發展的火車頭，後來因高科技加速發展，能源耗損也加速了，今日政府推動的前瞻建設大動土木，需要大量的營建資源與人才支援，而同時我們在大量廢棄物將再被製造出來前要發展循環經濟，經濟與循環並重這將是極大挑戰。記得過去我們推展綠建築時，曾經演講推展「樹學」－希望我們的建築產業能向一棵樹看齊，樹木成長繁衍的同時，也為周遭生物環境，提供食物共生共享，淨化空氣與水，生命腐朽時，卻能與草木同枯，不留下一點廢棄物，「樹學」就是循環經濟的鼻祖，Circle就是不再看向100分，在0與100之間我們將努力的箭頭往0的方向移回去。

過去從綠建築、智慧建築，深化到利用各種模擬軟體協助科學性的追蹤風、光及熱的流動以正確的傳達綠色設計策略，而逐漸地綠建



張清華

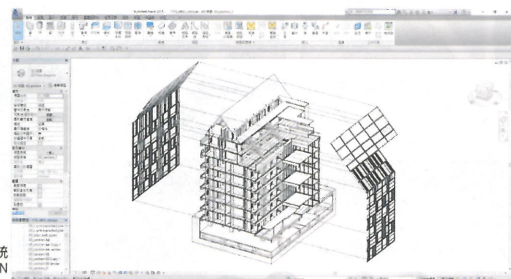
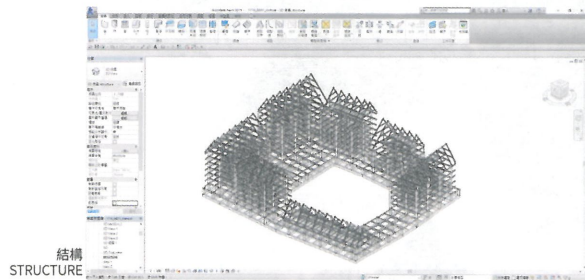
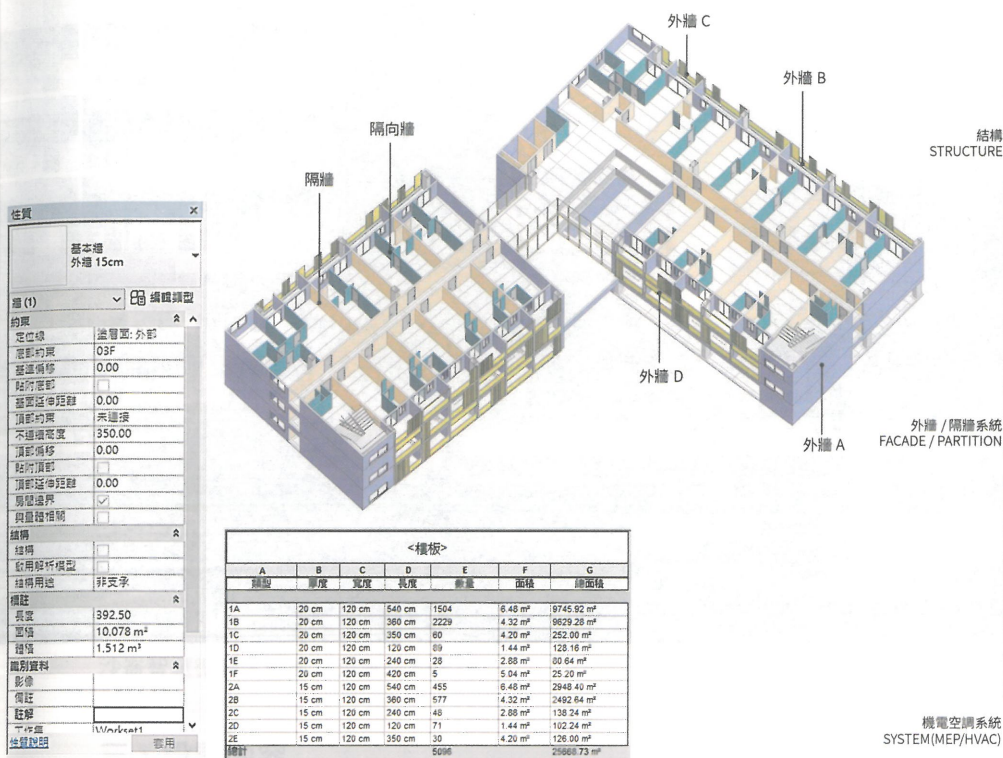
九典聯合建築師事務所主持建築師



李金威

九典聯合建築師事務所副所長

建材銀行 / 建材護照 material bank / material passport



循環建築使用BIM為設計與記錄管理建材銀行 BAMB (Building as Material Bank)

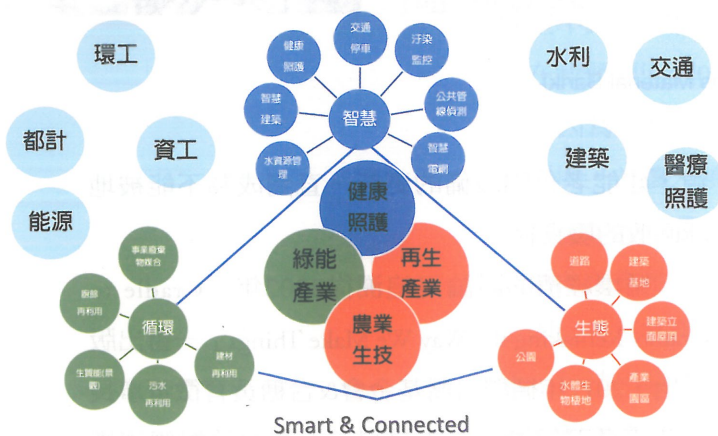
築已如同基本法令要求，智慧的應用見仁見智；近5年來如火如荼同時整合建築、結構、機電的BIM（Building Information Modeling）讓專業不只在硬體上不斷的提昇，執行建築的程序更加整合，而不再平面圖、剖面圖分開看，團隊在電腦中一起蓋建築，而BIM中的 "I"，促使各產業加速元件的建立，營建業提前整合，降低錯誤及誤差，減少耗損，使用及營運管理端更能藉BIM智慧地運轉及維護建築體。而因大數據革命與資訊平台的流通，共享與合作經濟漸漸滲透到我們的生活中，顛覆過去擁有權經濟模式，當經濟模式不斷被改變後，我們Timeless的建築產業不但正面臨氣候危機挑戰及共享經濟的改變，是否也應反省產業推動的模式並思考如何歸零，因每棟冠冕堂皇永恆建築產生過程及使用耗損的能源都是一去不回，不動地站在永恆的土地上，卻繼續耗能、耗資

源，建能老化因設備的更新，直到成為不能被地球回收的廢棄物。

循環經濟的討論可追溯從2002年「Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things」一書出版開始，2017年循環台灣基金會&台糖黃育徵董事長所著「循環經濟」一書是目前台灣討論對經濟模式涵蓋範圍及可能的發展模式有詳盡的描述，了解循環經濟必讀，另外讀者直接上網搜尋一些國家正在進行的「Circular Economy」也可得到歐洲以荷蘭帶領的經濟模式改革。因為「經濟」涵蓋的是生活的各個層面，而對於建築產業的改變，有些是已在進行的，而大部分還在探討及醞釀中，我們於2017年參與台糖在沙崙循環經濟住宅的設計，而今年台北市、桃園市政府都發局也開始正視因大量社會住宅的建造過程是否可導入循環經濟來改變設計、營建、採購及未來營運的模



循環示範屋 C-House（左）及三棟循環住宅（右，後）



沙崙智慧循環生態城市設計概念

式，相信這將帶動資源有限的台灣更加重視此經濟模式帶動的環保與產業並駕齊驅的正面發展。

以下分享九典在台糖沙崙住宅及與成大對沙崙循環園區所提的規劃構想。

以租代買的台糖循環住宅園是為了1年後即將進駐沙崙科學城的工作人員所提供的居住空間，並藉此帶動未來沙崙以至整個台灣建築發展的模

式。

台糖沙崙循環住宅從簽約至今5個月，正進行以下工作：

一、協助台糖建立一個網路分享平台

隨著建築從設計、營建至使用運轉未來能逐漸Update平台資訊，發展出以循環經濟為主的分享平台，而台糖以租代買的方式本身就是循環經濟的主要部分。（Web：TaiSugar Circular Village -<https://www.taisugarcircularvillage.com/>）

二、盤點資源

1. 盤點台糖已有材料設備可供再利用之資源。
2. 搜尋並洽談國內建材及設備供應商，其製造過程為低耗能而且來自廢棄物再利用，及未來可回收的材料。
3. 盤點可以租代買的各類供應商（目前大部分為機電及可移動之傢俱設備）及其報價及採購方式，故一些廠商也嗅到產業發展模式改變的訊息。



沙崙智慧循環生態城市全區規劃構想

三、設計內容

1. 建立共享與交換的空間

示範屋（Circular House）：此示範屋位於周邊入口，希望能分享節能、創能量、零耗能的建築解決方案及園區各種綠色設計解說。推動綠色生活方式。平常亦為住戶或與社區之共享客廳、廚房、餐廳、圖書館、健身、共享工具、交換圖書與物品鼓勵住戶分享生活、知識資訊與分享食物，因交流而身心健康，因分享而更幸福，此部分是循環經濟不能計量的部分。

2. 每2層有共享小客廳、共享洗衣（小坪數單元室內不單獨提供洗衣設備），提供住戶常可碰面寒暄之機會空間。

3. 提供共享電動機車、共享腳踏車停放及方便住戶使用於沙崙科學園區內移動的方式並鼓勵共乘並建立共享平台。

4. 各住戶內的設備及傢俱以租代買，廠商提供定期維護，並優先採用以再生材料為主的產品，對環境低衝擊，此部分因平台的建立，希望帶動

未來更多的產業製造的方向。

5. Circular Farm & Eco House

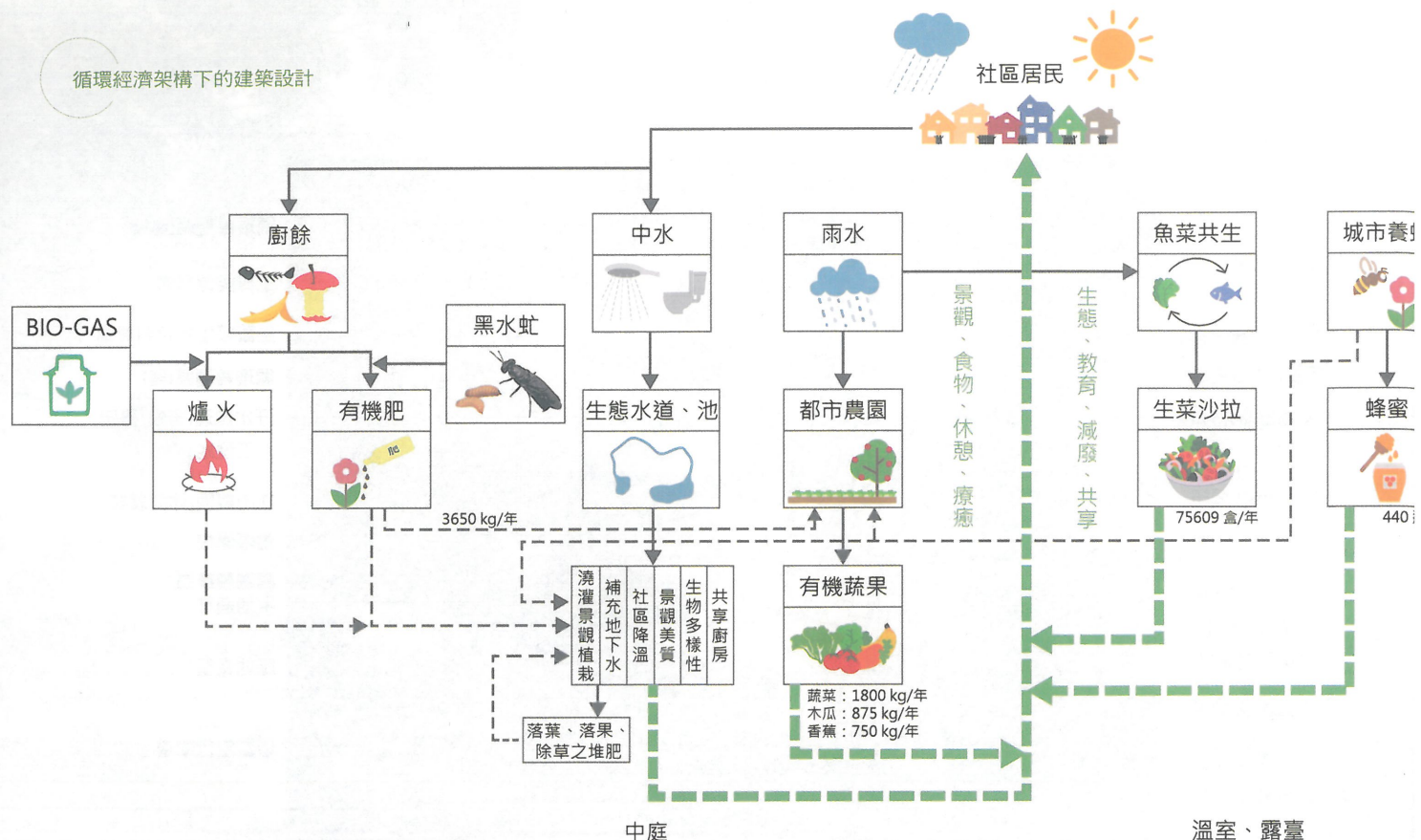
鼓勵居民使用推動地面層農場與溫室及屋頂農園。

廚餘處理的堆肥供應景觀植栽與農園使用。

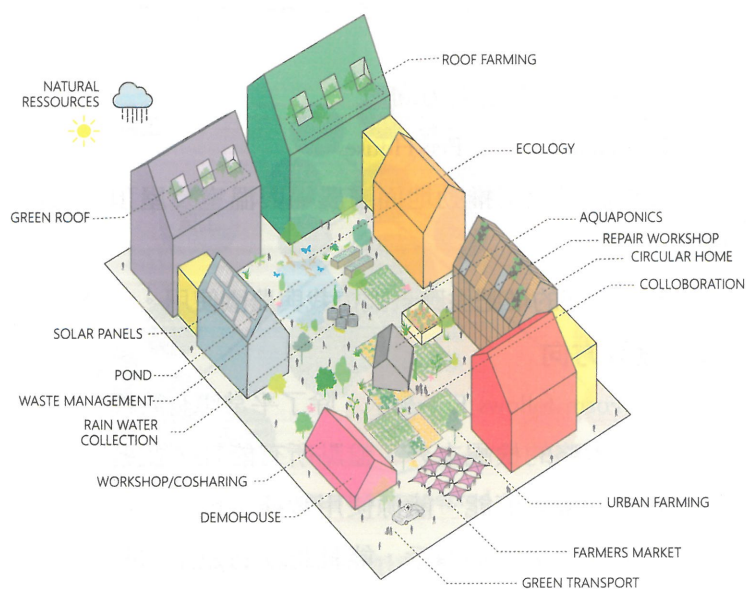
四、設計方向

1. 「Form follows Energy」，除了平常應有的綠建築設計策略的檢視之外，盤點所有能耗，並各個空間逐一檢討節能，能源使用數據呈現在各戶智慧設備及連接雲端顯示，能耗將左右建築的配置、通風、採光、遮陽、外殼系統的隔熱設計，尤其在台南創造風廊、引導風流，遮蔽豔陽是設計重點。

2. 工法及建材：以輕量化、模組化未來可拆卸回收為原則，儘量在預算可容許的範圍內執行模矩單元，以鋼骨構造及乾式施工為主，預鑄中空樓板，外牆使用PC預鑄板及牆板，並利用回收玻璃隔熱材，內牆為輕隔間系統，機電明管配置易於維修管理。



中庭農園循環過程流程圖



循環住宅概念與共享機制

3. 利用BIM建立建材履歷 (Material Passport) 與建材銀行 (BAMB) 從設計開始整合結構、機電，降低衝突，希望營建時減少錯誤並降低材料耗損，利用BIM建立了共享材料護照，了解建材各元件的來龍去脈，並易於未來永續維修的聯繫。

五、未來可能遇到的困境

1. 財務與採購法：如果是公共工程大多政府採購方式，編列預算並未考慮，建材設備以租代買，財務操作的彈性，大部分是開始公建計劃即決定一切。循環業務模式需要前期投資，只在較長的時間內才能獲得收益，這可能使投資者難以找到。

2. 產品性質與循環技術：目前的產品設計沒有循環經濟的概念，比如可拆解、可回收、可循環，並且技術性再拆解、分解材料還不夠成熟所以就沒有經濟可行性。

3. 缺乏意識和緊迫感：對消費者而言，購買新產品可以被看作是比租賃，修理或購買二手貨物更高的地位。對於企業來說，對循環經濟的了解有限，會導致慣性和厭惡，冒著破壞當前流程的風險。雖然幾乎所有的城市政府都在回收城市垃圾，但更多地關注回收利用和再利用可能是一項挑戰。

4. 租賃廠商：以目前盤點的結果，可提供租賃的廠商不多，也缺乏提供租賃合約與財務分析的經驗。並且廠商與承租人彼此都會缺乏租金與



台灣糖業公司沙崙綠能智慧循環住宅園區

維護管理的安全感。

城市需要優先從生產和消費的線性範式向循環模式的系統轉變，盡可能長時間地使用材料並使其經濟價值最大化。世界各地的城市已經開始在建築環境、能源、醫療保健和廢物管理等領域進行創新。

轉型需要整個價值鏈的協作，涉及個人、私營部門，不同級別的政府和公民社會。公司需要考慮設計具有循環性的產品，並構建能夠在生產中關閉循環的組件，個人在創造需求方面起著關鍵作用，公共部門需要發揮其作用，提供必要的基礎設施，並製定政策和法規，鼓勵創新而不會增加阻礙增長的負擔。

市政府尤其處於領先地位。鑑於他們主要負責地方一級的廢物管理，他們有一個獨特的機會來繪製資源圖，並與企業和居民合作，通過城市—工業共生或知識交換計劃關閉營養循環（包括技術和生物）。通過努力加速向循環經濟的轉型，城市將增強可持續性，並將目前我們提取消耗和處理資源的方式對經濟、社會和環境的影響

降到最低。

沙崙智慧循環生態城市計畫

本計畫乃協助成大之科技部研究案，以建構台南沙崙地區未來城市發展以達成「沙崙智慧循環生態城市」的願景目標並為國家長期持續推動綠能產業及發展未來循環經濟的模式。計畫範圍內目前除了中央及台南市政府已經在進行的開發計劃外，其他區可從program循環經濟園區的計劃內容開始直至未來營運的建議。本計畫從智慧交通、共享系統、各種水循環、能源循環、污水循環、永續能源開發、智慧網路建構…等。如果沙崙可以驅動因綠能建設而帶動的經濟模式，未來高鐵沿線各站附近之區域發展亦可以循環經濟模式開發以建構新一代經濟模式與產業。並因而吸引國際人才、帶動新生活經濟、形塑共生、共榮、共享的永續循環城市。

而如同台糖黃育徵董事長也是資源循環台灣基金會創辦人所言，現在是多做的時候：「不用多說，做就是了！」