

逢甲大學學生報告 ePaper

生物沼氣發電系統的自主性建築

Biogas power generation system autonomous building

作者：藍柏凱

系級：綠色能源碩士學位學程一年級

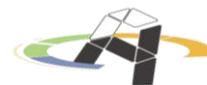
學號：M0623660

開課老師：陳上元

課程名稱：生態環境評估實作

開課系所：建築碩一學位學程

開課學年：106 學年度 第 2 學期



中文摘要

地球的溫室效應以及能源危機日漸嚴重，尋找能應用於民生之替代性能源，是個刻不容緩的議題。本文提倡建造「生物沼氣發電系統的自主性建築」，強調採用現代的綠色能源科技來減少環境的負荷並改變傳統處理畜牧廢水的方式，以達到更有效的利用廢棄物所產生之能源，在能源自主的原則下，智慧的使用能源以創造永續且高品質的舒適生活，並改善建築環境，其包括自給自足的循環與更加方便的控制。能源的自主性整合了建築節能的被動設計，以及維持舒適環境的主動需要。因此本文主張建造「生物沼氣基礎的自主性發電系統」，藉著替代性能源的開發結合發電機、運算科技，驅動「主動」的建築元件，以改善「被動」建築不足的效能與環境污染上的問題。

關鍵字：生物沼氣, 自主性建築, 綠色能源科技, 主動式設計



Abstract

The global warming of the earth and the energy crisis are getting worse. Finding alternative energy sources that can be applied to people's livelihood is an urgent matter. This article advocates the construction of “autonomous buildings for biogas power generation systems”, emphasizing the use of modern green energy technologies to reduce the environmental load and change the traditional way of processing livestock wastewater, in order to achieve more efficient use of energy generated by waste in energy. Under the principle of autonomy, the wisdom of using energy to create a sustainable and high-quality comfortable life and improve the built environment, including the self-sufficient cycle and more convenient control. The autonomy of energy integrates the passive design of building energy efficiency and the active need to maintain a comfortable environment.



Keyword : Biogas, Autonomous architecture, green energy technology, active design



目 次

1、緣起與目的	3
2、文獻回顧	3
3、自主性房屋之模擬與驗證	5
3.1、願景與目標	5
3.2、綠色能源科技與生物沼氣能源之內涵	6
3.3、自主性循環的內容	6
3.4、建築支持系統	6
3.5、可行性評估	7
3.6、自主性系統	10
4、結論與建議	10



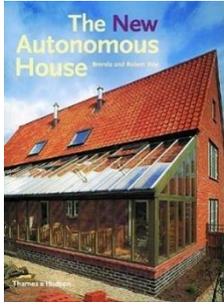
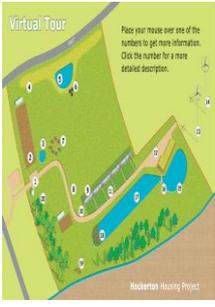
1、緣起與目的

智慧的使用能源並有效的利用對環境負荷較高的廢棄物是時下最重要的課題。20世紀初，開發的行為在於追求能源高度的可用性與消費性，發明各式耗能的「主動式」設備與家電(Brenda, 2000)。20世紀末則因為地球生態環境過度的破壞，節能的「被動式」設計再度為環保人士所重視。21世紀初，面對「被動節能」的永續原則與「主動耗能」的舒適需求，新典範則是智慧地使用能源(Brenda, 2000)。區域、住所應該結合新的作法，以改善建築環境 (IaaC,2006)。養豬業是國內農業中年產值最高的產業，長久以來都佔有很重要的地位。目前在養頭數約有 549 萬頭(行政院農委會，2016)，而豬糞尿水加上清洗豬舍所產生的廢水，每日所產生的廢水量高達 20 幾萬公噸，如此龐大數量的豬糞尿廢水，若直接排入溝渠或河川等水體，將直接衝擊水中的生物，破壞生態環境。因此本文主張建造「生物沼氣基礎的自主性發電系統」，藉著替代性能源的開發結合發電機、運算科技，驅動「主動」的建築元件，以改善「被動」建築不足的效能與環境污染上的問題。

2、文獻回顧

自主性的定義為能夠獨立運作於公共設施所支持與服務。然而，自主性建築運動並非指使用者必需過著離群索居且吝嗇的生活，其關鍵在於採用綠色能源科技，減少環境負荷，以創造永續且高品質的舒適生活。建築的”自主性”在英文中有兩個交替使用的字 Autonomous or Self-sufficient (Harper, 2002)，因此本文強調能源的獨立且自給自足的雙重觀點。Autonomous 意謂能夠獨立，免受他人影響或者控制而管理自己的事務，作獨立的判斷。Self-sufficient 則意謂維持生活上食物、水與能源等的自給自足(Moench, 2004)。「自主性房屋」(The Autonomous House)一書出版於 1975 年，展現無污染與不浪費能源的可能做法(Brenda, 2000)。第一座人造的自主性房屋建於 1993，即由「自主性房屋」作者 Brenda and Robert Vale 規劃設計。這房子做到了能源自主、水供應以及下水與廢水處理；電力輸出給城市使用。然而，符合自主性原則的構築方式早存在於大自然的生態系統中，例如白蟻土丘即掌握了自主性房屋被動式設計的關鍵。以下表列四個應用自主性原則構築的案例，並針對使用機能與規模、座落地點、關鍵技術與設計原則、趨勢研究作質性的分析(表 1)。

表 1、應用自主性原則的建築案例分析

案名 項目	The Autonomous House (Brenda, 2000)	Hockerton Housing Project	Self-Sufficient Skyscraper	Environmental Building
圖像				
設計者/ 年代	Brenda and Robert Vale/ 1993	Brenda and Robert Vale/ 1998	Matthew Sparkes/ 計畫中	Ralph Erskine/2005
使用機能	私人住宅	出租社區	辦公大樓	辦公場所
座落	Nottinghamshire, England	Hockerton, England	Riyadh, Dubai and Bah rain	England
關鍵技術 與設計原則	能源得自太陽與風；飲用水收集自雨水；並且盡可能使用回收材與區域性材料興建房屋。	能源、水、污水處理由自主的二氧化碳系統所供給；食物由永耕技術所種植。社區由五座模組化的單層覆土房子構成，模組化便於建構以降低費用。	藉助對太陽照射面積最小的圓柱型塔樓，降低大樓空調的能源需要。屋頂有著風渦輪引擎，以及太陽能蓄電池提供主要的能源；海上的太陽能板島提供電力從海水中萃取氫，能量存於氫電池，因此供應晚上塔樓的用電負載	大樓最大限度利用日光，並用自然通風。頂層屋面板外露。白天屋面板吸熱，夜晚通風冷卻。埋置在地板下的管道利用地下水進一步幫助冷卻。建築物各系統運作均採自動控制。可對燈、窗和加熱系統的自控裝置進行搖控，從而對局部環境擁有較高程度的控制。環境配備建築用太陽能薄膜非晶矽電池，為建築提供無污染電力。

趨勢研究	在西方的現代化都會中，體現自主性的生活方式，呼應永續發展的要求	藉由房屋構築、社區規劃與租賃合約的限制，體現合作式的自主性新型態社區。	採用現代化的綠色科技，支持永續環境發展以創造高品質的舒適生活	使用綠能科技及自動控制系統來創造高品質又節能的舒適環境
------	---------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

根據「自主性房屋」的定義、文獻回顧與案例分析，可分出巨觀角度與微觀的項目。就巨觀的角度，「自主性房屋」之設計涉及永續環境、建築設計、與能源應用的領域(圖1)。就微觀的項目，從永續環境與能源應用考量，項目分別是(1)綠色能源科技(太陽能、風力、生質能、水力、核融合等可再生能源)、(2)願景與目標、(3)綠色能源的選擇條件、(4)可行性評估。從能源應用與建築設計的考量，項目分別是(1)自主性循環、(2)能源轉換方式與形式(包括能與功的轉換與計算、輸入與輸出的對應、處理的方式)、(3)建築支持系統、與(4)可行性評估。從建築設計與永續環境考量，項目分別是(1)自主性環境(房屋座落、配置與規模)、(2)自主性生活(獨立住宅或者合作式的社區生活)、與(3)自主性建築(強調被動式的設計原則、輔以主動式設備以增強效能)(圖2)

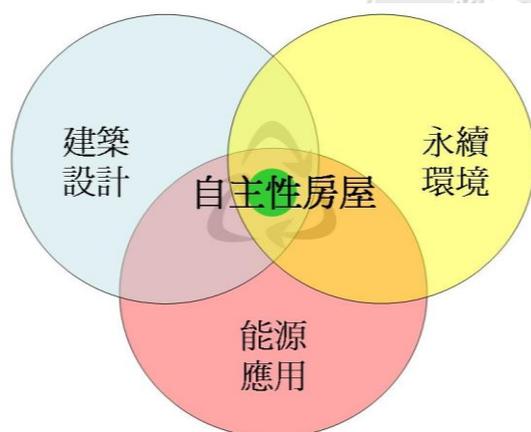


圖 1、「自主性房屋」的巨觀角度



圖 2、「自主性房屋」的微觀項目

3、自主性房屋之模擬與驗證

本研究擬興建「生物沼氣發電系統的自主性建築」的原型，以作為未來畜牧業的建築趨勢。基於上述自主性房屋的理論架構，本文逐步推論「生物沼氣發電系統的自主性建築」的實質內容，並就願景與目標、綠色能源科技與生物沼氣能源之內涵、自主性循環之內容、建築的支持系統、可行性評估、自主性建築加以分項描述，以展現無污染與不浪費資源的可行方案。

3.1、願景與目標

「生物沼氣發電系統的自主性建築」係假設，幾年內沼氣能源技術研發成熟，每個

生物沼氣發電系統的自主性建築

豬農只需裝設類似化糞池功能的「產甲烷醱酵槽」與其配套的「燃燒甲烷發電系統」，根據一立方公尺的沼氣可以發 1.96kW 的甲烷發電的設計目標，以減少對於集中式發電廠的依賴，來達到節能、減碳及能源自主的目標。

3.2、綠色能源科技與生物沼氣能源之內涵

本文主張的生質能源是指利用生質物轉化為甲烷，經過高濃度的儲存，再從儲存設備，轉化成可被應用的能源型式。以畜產業產電、用電的自主性而言，”採用何種替代性能源作為主要能源較為恰當？”考驗著能源專家與經濟學者。因此採用具商業潛能的「厭氧發酵生物產甲烷與發電」，既可製造再生能源，又可同時處理養殖場廢棄物與污水。綠色能源評估因素包括：原料取得難易、天候影響、地點限制、生產技術門檻、單位成本等客觀條件。相較之下，太陽能與風力雖然取得容易，但易受天候影響，穩定性較差；水力則受到地點的限制，核能更是難以跨越的高技術門檻。然而，以能源自主性的觀點，生質能產甲烷與發電的技術相對具有原料取得容易、不受天候影響、產能穩定、不受房屋地點限制、生產技術門檻容易克服的諸多優勢。利用生質物轉化為甲烷，經過高濃度的儲存，再從儲存設備，轉化成可被應用的能源型式。此系統之生質物料源包括動物糞便、農作物殘渣與廚餘等；其中以豬糞尿占了大宗，據估計目前台灣每年有六千萬噸的豬糞尿可以作為推廣生質能應用的主要原料。

3.3、自主性循環的內容

從能源的「生產」、「儲存」、「分配控制」、「負載應用」、「回收」、「處理」、「再利用」，以沼氣能源為基礎的自主性系統將滿足能源自給自足的原則。

3.4、建築支持系統

根據能源的自主性原則，建築應該具備的支持系統包括：(1) 固液分離機、(2) 厭氧發酵池、(3) 淨化裝置、(4) 濾沼池、(5) 其它輔助的替代性能源（太陽能、風力發電等）、(6) 儲電設備、(7) 發電機、(8) 控制機房與配電盤、與 (9) 建築用電負載，若考慮電能可能生產過剩，可供給區域使用則需加上市電併聯系統。「生物產甲烷室」有五個主要裝置：(a) 固液分離、(b) 基質槽、(c) 厭氧醱酵槽、(d) 氣液分離槽與 (e) 淨化裝置。(圖 3)

生物沼氣發電系統的自主性建築

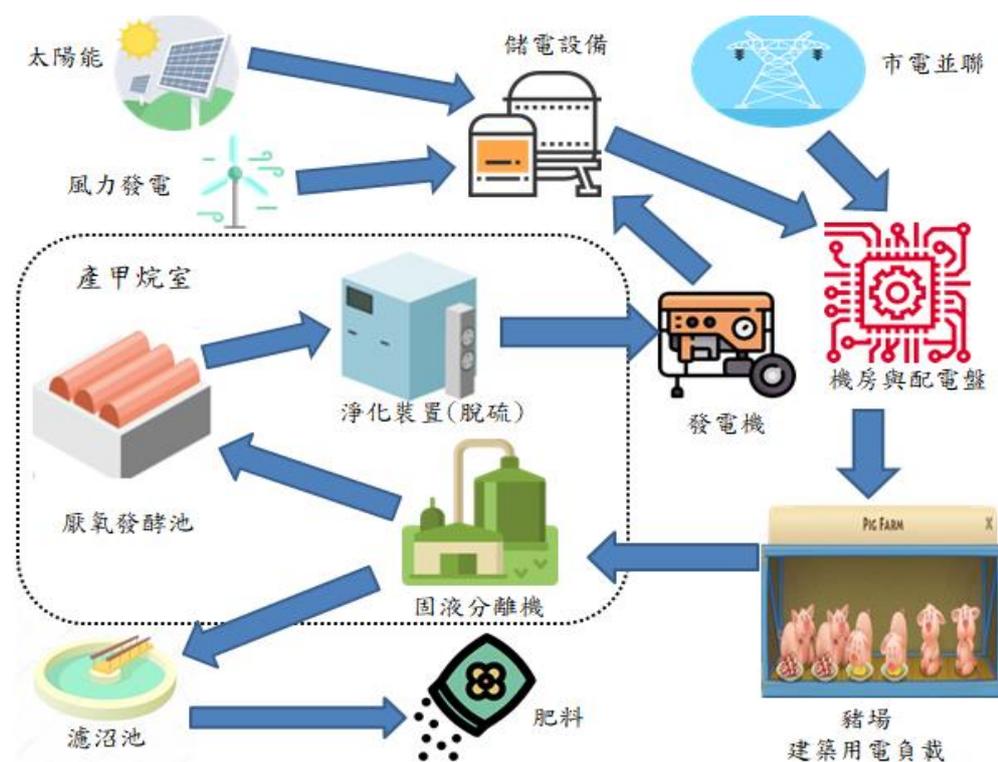


圖 3、循環流程圖

3.5、可行性評估

根據台中大里某養豬場飼養豬量 900 頭的單月用電量約為 2600 kWh，因此我們以 2800kWh 為主要需求目標設計此系統。根據廠區備有兩台 5kW 發電機與機房控制系統，因此假設沼氣量足夠的情況下，發電系統的設計應達到每月發電 2800 度的要求，此發電機之發電效率為 38%，因此以運轉時間 700 小時為沼氣發電設計目標，推算應該具備多少的沼氣量與支持設備的體積、使用面積以及相對的配置關係(表 2)。從鄭幸雄教授(2015)文獻推估 900 頭豬每日可產約 100 m³ 的沼氣，根據大里豬場實際採取之豬廢水(VS 濃度 1.6%)與馴化後豬糞菌種(VS 濃度 0.6%)所做甲烷潛能(圖 4)，此實驗用來探討何種 pH 值下的產氣效果最佳，圖中可以看出 pH 6 與 pH 7 的情況下為最高產甲烷量，而進料的原廢水是 pH 6.9，介於 pH 6 與 pH 7 之間故無需多耗費額外的成本來控制 pH 值，實際產甲烷量亦可利用此數據進行估算。產甲烷方面可透過提高 VS 的濃度來達到更好的效果，此處則使用文獻推估值計算出一個月可產生 1950 m³ 的甲烷，假設廠區兩台發電機整月不停的使用且不會產生沼氣不足的情況，為避免發電機產生過熱的情形，因此以一小時燒 1m³ 為基準計算。沼氣袋使用 80m³ 便足以負荷每日所產之沼氣，加料槽部分以配合 40 呎貨櫃為主(圖 5)。

沼氣的處理與轉化方式、硫化氫濃度、環境控制條件(溫、濕度與壓力等)等變因，都會影響發電的效率。為了解決硫化氫濃度過高的問題可以設置脫硫系統，它經由空氣加壓器進入沼氣儲存桶，一部分沼氣經由脫硫設備(圖 6)去除硫化氫後進入發電機發電，另一部份則打回沼氣袋進行氣體攪拌，汙泥經此系統後則回到原本的豬場廢水處理系統(圖 7)，經由原先的三段廢水與汙泥處理技術後排出。

表 2、支持設備的體積、使用面積以及相對的配置關係

項目	體積	使用面積	示意圖
控制箱		0.886m ² *2	
發電機		0.9m ² *2	
脫硫設備	8m ³		
沼氣袋	80.65m ³	28.8m ²	
加料池	1.9625m ³	0.785m ²	

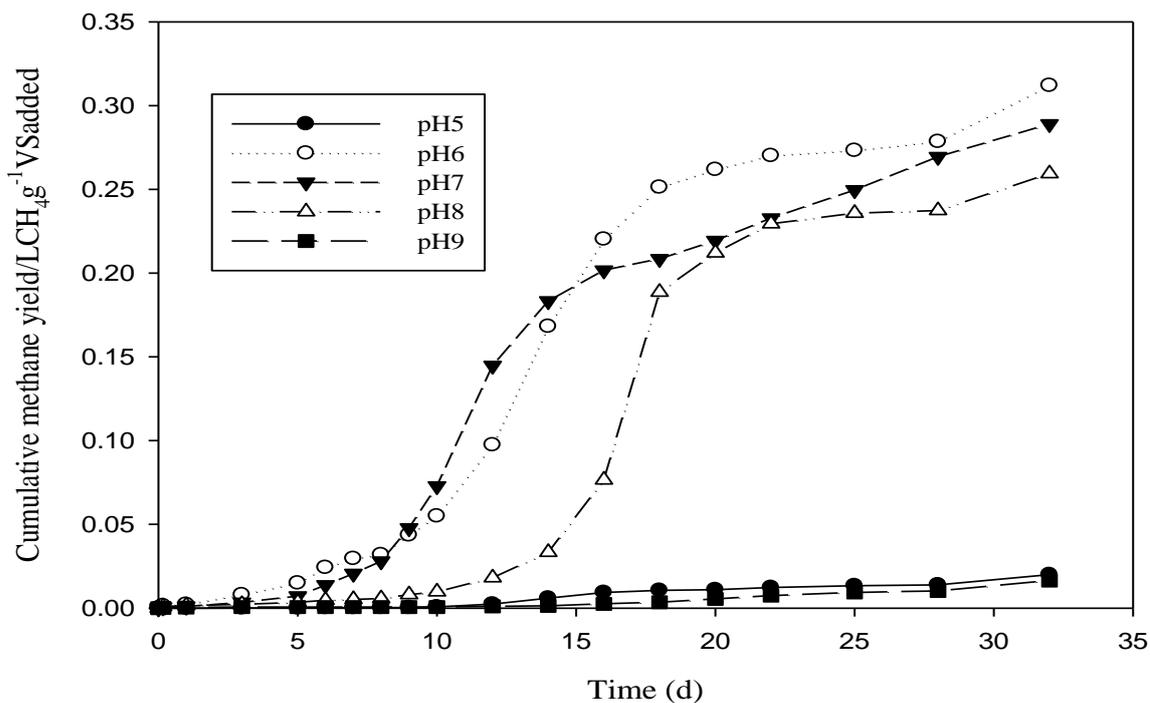


圖 4、累積甲烷產率曲線



圖 5、40 呎貨櫃實拍圖

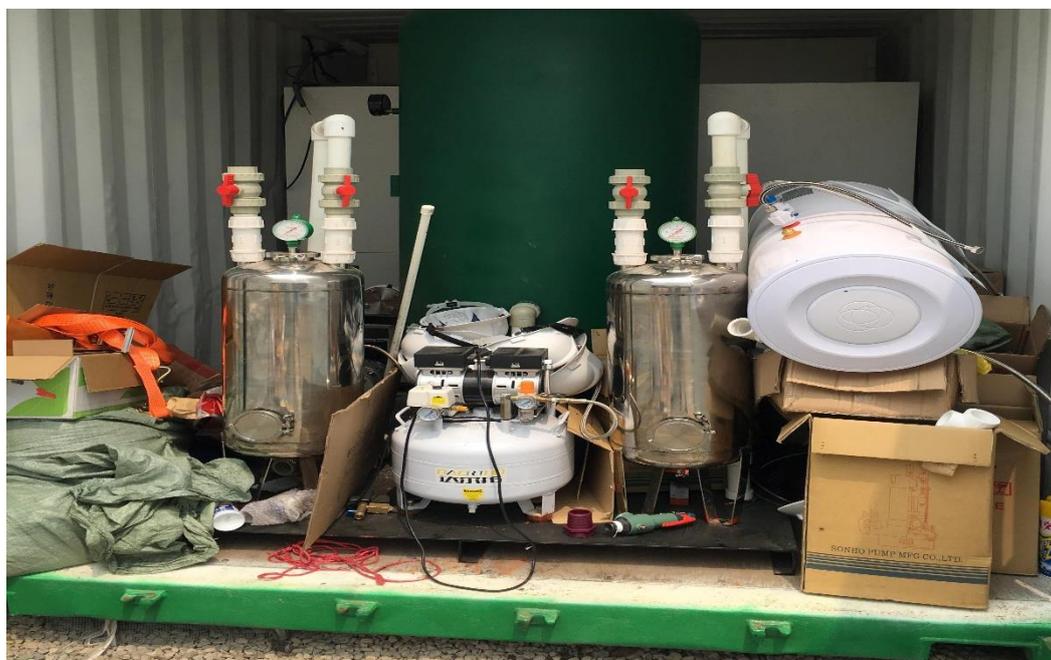


圖 6、脫硫設備實拍圖



圖 7、豬場厭氧發酵系統

3.6、自主性系統

依據能源自主的原則，以使用者需求為導向的設計，除遵循被動建築的配置與設計原則，應考慮採用主動式的可調適設計，應用主動的裝置以增進被動建築的運作效能，以維持居住環境的舒適度(陳, 2008)。本文的自主性發電系統將利用發電機燃燒後的廢熱加熱水，來維持槽體溫度。一般來說，沼氣袋內屬於密閉空間，因此內部的氣體與液體也都處於靜止狀態，所以本文也利用脫硫系統篩選後有硫化氫濃度的氣體重新打回沼氣袋內進行氣體攪拌，故一方面得以順利將廢熱有效使用，另一方面也使氣袋內可以不斷的進行混合攪拌。因此自主性的系統將主動的修正屬於被動的攪拌在運作效能上的問題。

4、結論與建議

本文從近代能源應用的演變，推論出建造自主性建築的必要性；根據自主性房屋的定義、文獻回顧與案例分析，歸納巨觀的研究範圍與微觀項目的理論性架構；逐步推論生質能源基礎的自主性系統的實質內容，以展現一個無污染與不浪費能源的可行性方案。其未來研究的建議如下：

(1) 獨立型的畜牧發電與用電模式：

本研究著眼於發展市電並聯的畜牧業自主性系統，訴求以分散式畜牧發電場取代集中式的發電場。然而，位於偏遠郊區且市電不易到達之處，卻更需要自主的能源系統，但是如何維持能量產生、直接使用、儲存與取出使用的高度穩定性與效能，還需要重新評估檢討

(2) 多種能源的系統整合與管理：

在能源自主性原則下，建築物可以是多種能量(包括生質能、太陽能、風力、水力、

生物沼氣發電系統的自主性建築

地熱等)來源的支架體，對於能夠穩定的使用多重的能源以及所產生不同的電流型式，需要更有效率的「能源管理平台」，以避免能量轉換時不必要損耗。

本研究歸納以生質能源為基礎的自主性系統作為未來畜牧業的關鍵性技術，其意涵有二，首先是強調能源從生產消費到回收應用的循環、滿足地球永續發展的責任；其次是結合感測器與運算機制，以作用環境的自主控制，它協調了要求建築被動的節能設計，卻同時滿足為了維持舒適環境與耗能的需要。

參考文獻

1. Brenda, R.V. The New Autonomous House. Thames & Hudson; Hong Kong, China: 2000. pp. 19 – 30.
2. Harper, P., Sufficient Unto Itself the New Autonomous House, Resurgence, 2002
3. IaaC., Self-Sufficient Housing. Actar: 2006., 6-13
4. Moench, M. (), Self-Sufficient Homes, Futurist, 2004, 38(3), 45.
5. Hockerton Housing Project , <https://www.hockertonhousingproject.org.uk/>, 2018
6. Self-Sufficient Skyscraper, <https://www.treehugger.com/sustainable-product-design/self-sufficient-skyscraper.html>, 2018
7. BRE Environment Building, <http://www.ecoteda.org/anli/show.php?itemid=249>, 2018
8. 鄭幸雄 (2015) 。 兩段式高溫厭氧生物共消化程序開發應用。中工高雄會刊第 22 卷第 2 期。
9. 陳上元、朱正永、鄭明仁、林秋裕，生物氫基礎的自主性建築，第七屆中國城市住宅研討會，中國重慶，paper 1272，[NSC 96-2218-E-035-004]，2008