



108 年度氣候變遷調適教育教學聯盟計畫(北區)

生活實驗室(Living Lab)實施指南

執行單位：國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心

108 年 7 月

目 錄

一、本指南的目的	2
二、生活實驗室是什麼	2
三、生活實驗室的特徵	3
四、生活實驗室的類型	4
五、校園生活實驗室案例	5
六、生活實驗室場域	12
七、參考資料	14

一、本指南的目的

教育部氣候變遷調適教育教學聯盟執行團隊特編撰本「生活實驗室(Living Lab)實施指南」，目的為協助聯盟教師在確實瞭解生活實驗室(Living Lab)的核心精神下，進行規劃與推動。於指南中，要告訴聯盟教師生活實驗室是什麼？有什麼特徵及類型？並透過蒐集彙整大量國外大學生活實驗室的案例，提供聯盟教師規劃教學聯盟生活實驗室做法之發想參考。本指南也以國立臺灣大學內的場域作為生活實驗室場域的參考，老師及學生可以根據此場域特性，規劃適合的課程及研究內容。

二、生活實驗室是什麼

Living Lab 是由麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)的 William Mitchell 教授所提出，其認為 **Living Lab 是一種的研究方法，在多元、演進的實際環境生活中，透過感知、雛型、驗證、改善各類複雜的解決方案，將實驗室實驗環境帶入至使用者真實生活的環境進行驗證。**

生活實驗室強調使用者在產品研發各階段的參與，而非僅於後期的測試階段；在生活實驗室，使用者利用其在社會及文化層面的經驗，主動對產品及服務創新產生貢獻。而生活實驗室與傳統實驗方法的差異在於其具多重面向，且與使用者互動的能力突出，藉由生活實驗室可在產品研發初期了解使用者行為模式，甚至是使用者自身未意識的潛在動作。圖 1、生活實驗室組成元素及釋義。

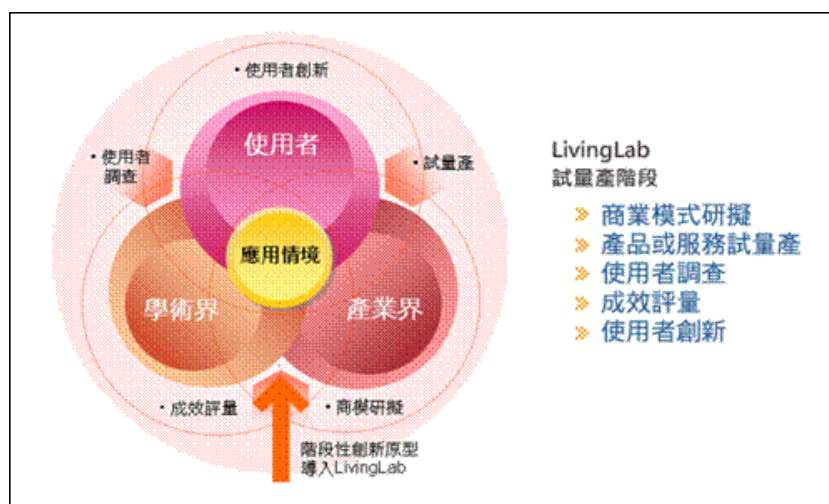


圖 1、生活實驗室組成元素及釋義

Living Lab 把傳統在實驗室模擬的環境轉變為在現實生活中建立真實的實驗環境，可以是一所學校一個小型的居住社區，也可以是一個城市的區域，甚至可以是一個城市。在這樣的真實實驗環境裡，公共部門、研究機構和企業單位共同參與，透過 Living Lab 的創新服務模式可以隨時獲得最終用戶對於產品或服務最真實的回饋信息，而最終用戶也可以幫助開發單位不斷改進產品或服務的設計與品質，從而達到產品或服務推廣的要求。

三、生活實驗室的特徵

MIT 成立**永續辦公室(Office of Sustainability, MITOS)**推動生活實驗室相關業務，MITOS 對生活實驗室的特徵描述如下：

- ✚ 以校園為基礎的研究，且為使用創新的方法尋求解決特定的問題。
- ✚ 生活實驗室必須由關鍵利益相關者擁有、管理、自由或條件可使用的場域。
- ✚ 生活實驗室可連結多元化夥伴關係，透過整合研究、課程、教學方法或社區參與，幫助連結傳統學術研究型大學及創新研究型大學之間的關係，也可以為社區提供新的體驗式學習空間。
- ✚ 生活實驗室往往需要跨學科的合作，來持續收集各領域的相關數據。
- ✚ 生活實驗室可以為正式(學分課程)或非正式(非學分課程)的學習機會，包括透過實地學習等活動，或在現實環境中和操作人員或研究人員之間的學習。
- ✚ 生活實驗室的學習過程包含：形成問題、監測、評估、協商和解決問題。
- ✚ 生活實驗室的結果可為多種形式，如期刊文章、政策，新產品、服務、獎項或行為變化等。
- ✚ 生活實驗室的研究過程可以得到許多反饋。如：確定研究問題時，可以從熟悉校園運營方面的專家諮詢獲得反饋。

四、生活實驗室的類型

MITOS 將生活實驗室分類為四種類型：「校園到校園」、「校園到市場」、「市場到校園」及「市場推向市場」，說明及案例彙整於表 1。另，此表所列的案例皆為 MIT 案例。

表 1、生活實驗室的類型

類型	說明與案例
一、校園到校園	<p>說明：此類型源自於校園的研究，然後應用於校園。</p> <p>案例：冷卻塔生活實驗室的節水研究，啟發了在實驗室中重新調節水蒸氣的想法，實際於中央公共事業的工廠進行校園規模上的測試。如果成功，將實際應用於校園中。</p>
二、校園到市場	<p>說明：此類型的生活實驗室為利用校園進行測試和改進的研究，然後應用於市場。</p> <p>案例：2014 年，機械工程系的博士生們設計了一種在洗衣機中能重複使用水的方法，作為論文的一部分，之後創立一家 Aquafresco 公司，將此方法商業化。</p>
三、市場到校園	<p>說明：此類型的生活實驗室來自外部實體，於校園進行測試後，實際應用於校園。</p> <p>案例：主要業務為數據庫管理、快速應用程序開發的 MIT 校友，向 MIT 求助，希望能使用 MIT 校園測試新平台。該校友與永續辦公室 (MITOS) 合作，設計出一個新的網絡應用程序，用於收集和整理與 Living Lab Research 相關的大量數據。結果創建了 DISCOVER Living Lab Web App，然後提供給 MIT，用作團隊建設、溝通和創新工具。</p>
四、市場推向市場	<p>說明：此類型的生活實驗室來自外部合作夥伴，於校園進行測試，然後在企業界使用。</p> <p>案例：位於劍橋的綠色燃料技術公司透過 MIT 進行利用化石燃料排放產生之生物燃料來種植藻類的研究；2004 年達到預期的成果後，於 2005 年將其轉移到更大的幾座發電廠進行測試，包含位於亞利桑那州、馬薩諸塞州和紐約的發電廠。</p>

備註：此表所列的案例皆為 MIT 案例。

五、校園生活實驗室案例

(一) 哈佛大學(Harvard University)氣候解決方案生活實驗室課程和研究項目

(Climate Solutions Living Lab Course and Research Project)

✚ 類型：校園到市場。

✚ 目的：尋找和設計具有實用性、可行性與擴展性的研究項目，以幫助組織或企業實現氣候目標。

✚ 內容：

由哈佛法學院艾美特環境法律和政策診所 (Harvard Law School' s Emmett Environmental Law and Policy Clinic) 主任 Wendy Jacobs 領導，進行為期三年的互動式科氣候解決方案生活實驗室課程和研究項目，專注於研究和設計減少溫室氣體排放的實用解決方案。該課程旨在匯集來自整個大學的學生，開展跨學科 (法律、商業、公共政策、公共衛生、工程和設計等) 團隊的工作，所製定的解決方法將具有擴展性，並提供給相關組織或企業參考與使用。

本課程中，跨學科團隊提出的項目需要包含評估、分析和開發減排項目的工具，為實現組織 (或企業) 減排的手段，並由政策制定相關者、社區領導和商業領袖進行審查。可行的項目後續將由艾美特環境法律和政策診所的學生進行推動，以下列出一些可行項目的名稱：

1. 厭氧消化器：減少農業溫室氣體排放的創新技術 (Anaerobic Digesters: technological innovation for reduced agricultural greenhouse gas emissions)。
2. 創建社區合作，翻新和運營一個位於波多黎各的 UTUADO 已關閉的水力發電廠 (Creating A Replicable Community Cooperative to Refurbish and Operate a Defunct Hydroelectric Generation Plant in Utuado, Puerto Rico)。
3. 重新安置阿拉斯加州(Shishmaref)原住民社區的風力-柴油微電網，以因應氣候變遷導致海平面上升的衝擊(Wind-Diesel Microgrid for Shishmaref, an Alaska Native Community Forced to Relocate Due to Climate Change-Driven Sea Level Rise and Erosion)。
4. 減少溫室氣體排放並在阿拉斯加原住民村莊創造社會效益 (Reducing Greenhouse Gas Emissions and Creating Social Benefits in Alaska Native Villages)。

5. 透過可再生能源購買和投資組合創造碳抵消(Creating Carbon Offsets via a Portfolio of Renewable Energy Purchases and Investments)。

(二)其他案例

表 2 蒐集彙整國外大學生活實驗室的案例，包含麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology)、哈佛大學(Harvard University)、華盛頓大學(University of Washington)、伊利諾伊大學(University of Illinois)、普林斯頓大學(Princeton University)、康乃爾大學(Cornell University)及加州大學(University of California)；依案例中的生活實驗室課程或研究項目的內容進行主題分類，並做為教學聯盟生活實驗室做法之發想參考。

表 2、國外大學生活實驗室課程案例

主題分類	學校	課程或研究項目內容	教學聯盟生活實驗室做法之發想
一、生物棲地的維護	哈佛大學	設計研究學院的兩名學生 Hallie Chen 和 Connie Migliazzo 將哈佛社區花園飼養蜜蜂的理念帶進哈佛校園，於校內 Gund Hall 的屋頂設置蜂巢，連結周遭社區花園串聯成為蜜蜂網絡，擴展並維護蜜蜂棲地。他們亦舉辦一個讓附近社區民眾共同參與的設計比賽，比賽內容為構思能保護蜂箱避免於冬季受潮的設計。(市場到校園；生物多樣性領域)	為校園生物設計可以避免氣候變遷衝擊的措施(例如：棲地維護)。
	華盛頓大學	1. 由環境園藝碩士學位學生 Nicolette Neumann 在華盛頓大學城市園藝中心(Center for Urban Horticulture)種植和建置授粉物種的棲地及築巢地點，未來則交由該農場的管理者及實習生學習如何照顧未來幾年的棲息地。該項目除了為授粉物種打造合適的棲地，也促進附近聯合灣自然區的生物多樣性，另也增加 UW 農場蔬菜的產量和遺傳多樣性(抗逆性)，間接更為其他非授粉物種提供棲地。(校園到校園；生物多樣性、農業生產領域)	

主題分類	學校	課程或研究項目內容	教學聯盟生活實驗室做法之發想
		<p>2. 為了將 Puget Sound 生態系統的概念應用在華盛頓大學海岸線建置浮動濕地，以改善聯合灣水域棲地，重建鮭魚棲息地和減少污染物負荷，Kasia Keeley 等人透過與當地相關單位聯繫，進行可行性分析尋找最佳建置地點，接著完成浮動濕地的工程，並在建立好的示範濕地上附上教育解說標牌，宣傳和擴大合作夥伴關係，向民眾和學生團體宣傳，來了解浮動濕地結構的功能。(校園到校園；生物多樣性、農業生產領域)</p>	
二、綠建築的建設	哈佛大學	<p>由哈佛永續發展辦公室與 HBS 運營團隊針對哈佛商學院建設綠屋頂(包括蜂箱、雨水收集箱、太陽能板)，以促進生物多樣性與有效的雨水管理與生產蜂蜜、減少建築能耗與灌溉用水量。(市場到校園；生物多樣性、水資源、農業生產、能源供給及產業領域)</p>	<p>針對校園土地、建築物的建設，朝向雨水收集與蓄水滯洪、增加生物棲地、減少建築耗能、降低暖化、減少用水量等方向思考。</p>
	華盛頓大學	<p>學生及施工團隊把校園 Gould Hall 的混泥土牆面改建成包含生物多樣性綠牆、食用綠屏和集水示範等功能，以培養多樣的植物、創新雨水收集方式來減少雨水沖擊與飲用水消耗、利用太陽能照明與灌溉抽水來減少能源需求，並嘗試新的當地食品生產方法，此牆面亦做為測試減少建築供暖和冷卻能源需求的潛力，幫助校園減少碳足跡、實現永續發展目標(校園到校園；生物多樣性、水資源、農業生產、能源供給及產業領域)</p>	
	伊利諾伊大學	<p>校園多處建設綠屋頂，種植植有特殊用途、可不灌溉或施肥的繁殖能力植物，減少雨水徑流，提供建築物升溫、通風和冷卻。(校園到校園；生物多樣性</p>	

主題分類	學校	課程或研究項目內容	教學聯盟生活實驗室做法之發想
		領域)	
	加州大學	<ol style="list-style-type: none"> 1. 柏克萊分校：透過軟體監控行政中心之用電特性，進行室內溫度控制，降低電力負載，目標為降低尖峰電力需求量 30%。 2. 戴維斯分校：成立校內零耗能示範區域，主要為太陽能發電(約占用電量之 82%)，目標為達成能源平衡。 3. 聖塔克魯茲分校：運用透明太陽能板搭建溫室，結合螢光染劑提昇太陽能電池效率。未來將於沙漠搭建，測試其對生物多樣性及生態系統之影響。 	
三、校園設施的建設	哈佛大學	為了重新改造校園 Countway Community Garden，哈佛永續發展辦公室及哈佛環境與健康學生聯盟發起創新設計挑戰賽，讓校內學生組隊，設計內容須結合健康、永續、知識，並考量當地未來可能受到海平面上升變化、降水頻率及程度的改變、極端氣溫的影響來進行重新設計，以滿足未來這塊土地現在與未來的使用需求。(校園到校園；生物多樣性、水資源領域)	重新審視校園內的建設，結合永續、減碳、綠色環保、生物多樣性、減災等概念，重新設計規劃。
	伊利諾伊大學	為將人行道轉為永續多功能景觀，解決人行道種植非本地物種、不透水混凝土收集雨水和洪水的問題，種植原生灌木、蕨類植物和林木，並在人行道中間增加雨水花園，其也有改善水質、創造生物棲地及補給地下水的好處。(校園到校園；生物多樣性、水資源、災害領域)	

主題分類	學校	課程或研究項目內容	教學聯盟生活實驗室做法之發想
	華盛頓大學	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生將校園東北角的 Kincaid Ravine 復育為一個生態健康的森林，除了清除入侵種，還增加當地物種的生物多樣性，也提高生態系服務的能力。此工程讓學生和學術單位參與其中和長期管理，創造了學習機會和增加環境保護的意識。(校園到校園；生物多樣性領域) 2. 校內植物園區西部邊緣的一處花園小徑在雨季常被洪水淹沒，不但泥濘又無法通行，為改善其生態系統，環境園藝碩士學位學生 Malcolm Howard 重新規劃花園、清除入侵物種、改善地形和種植原生植物，使小徑能聚集、過濾並排乾雨水，並透過重新設計的排水系統(沿著雨水的路徑種植本地植物，植物自聯合灣自然區引入，達到復育效果)，使流經花園的雨水也能從該區域上方的停車場流出。此項目保護花園下方的小徑及原生植物免受淹水影響。(校園到校園；生物多樣性、水資源領域) 	
	麻省理工學院	<p>建構韌性生態系統：降低不透水鋪面(如屋頂及人行道)之比例(原約 64%)，配合 2017 年通過「暴雨與景觀生態主計畫」，做為暴雨管理與改善校園景觀依據，設計仿自然水處理系統、探索與水共生思維、增加土地與水系統之韌性以因應氣候變遷乾旱。</p>	
四、氣候變遷對生態影響的證據	普林斯頓大學	<p>測量大氣中溫室氣體的濃度，預測對學校當地系統的影響，例如藻類大量繁殖。(校園到校園；生物多樣性領域)</p>	1. 蒐集氣候變遷對校園內生物多樣性影
	康乃爾	<p>建立氣候變遷花園，讓遊客看到和體驗與氣候變遷</p>	

主題分類	學校	課程或研究項目內容	教學聯盟生活實驗室做法之發想
	大學	相關的溫度變化對植物造成的影響；解說牌和標識上寫著能讓參觀者觀察和考慮氣候和植物條件之間關係的內容，提高對潛在氣候影響的認識。花園內的溫度設定在紐約州 2050 年代平均預測的溫度條件，而調控溫度用到的能源（太陽能）、設備材料（當地材料）皆以永續理念製作。（校園到校園；生物多樣性、能源供給及產業領域）	響的證據。 2. 建立教育宣傳管道，讓校園內師生、參觀民眾了解氣候變遷。
五、校園生物資源調查、建置地圖	伊利諾伊大學	使用 GPS 設備記錄校園中的樹木，並將資料彙整至 ArcGIS 圖層，以製成地圖。（校園到校園；生物多樣性領域）	進行校園生物多樣性資源調查，並建立 GIS 資料。
六、提升能源效率	加州大學	<ol style="list-style-type: none"> 1. 爾灣分校：2015 年推動氫燃料電池校園示範公車，以降低校園交通溫室氣體排放量。 2. 洛杉磯分校：建構汽車智慧網路，分析校園內電動車能源消耗，建立優化充電順序。 3. 美熹德分校：設置太陽能場，並與該校青年中心合作推廣科學教育。 4. 河濱分校：校方與附近工業、政府機關整合永續整合型電網倡議 (The Sustainable Integrated Grid Initiative, SIGI)，結合間歇性再生能源（太陽能板）、電動車充電站和電池貯存系統。 5. 聖地牙哥分校：推動校園自行發電，如太陽能、燃料電池及汽電共生，並透過能源貯存系統與智慧軟體控制減少能源消耗。 6. 聖塔芭芭拉分校：做為能源效率生活實驗室 (living laboratory for energy efficiency) 場域，持續開發新型半導體節能照明與高效二極 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過智慧節能系統減少能耗，並推動再生能源發電；共同提升能源使用效率。 2. 進行校內碳盤查，並規劃或執行可行的減碳作為。

主題分類	學校	課程或研究項目內容	教學聯盟生活實驗室做法之發想
		管固態照明。	
	麻省理工學院	<p>1. 建立校園溫室氣體清單：經 MITOS 盤查，校園主要溫室氣體排放源為：自用與租用之建築；氣體逸散（非燃燒製程直接逸散之溫室氣體，如 CO₂ 及 SF₆）；校園車輛。</p> <p>2. 為達成 2030 年削減 2014 年校園溫室氣體排放量 32% 之目標，每年度逐一盤查校園碳排放量，確認減排執行進度。自 2017 年起更購入太陽能等清潔用電進一步削減溫室氣體排放量，於 2018 年已達成減碳 20% 之目標（170,960 tons CO₂e）；為達成 2030 目標，校園溫室氣體減排策略分為下列 4 項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 減少能源使用量及使用強度：透過工程手段提升建築物能源效率，降低能源使用量，包含：基本工程（新建及大型翻修）改善、照明升級、重新校驗（為既有建築物量身定製的節能方案）、改進機械系統、配電系統絕緣、提供設備更新獎勵。 ● 校園車輛減少使用化石燃料。 ● 增加再生能源使用量； ● 減少溫室氣體逸散量； 	

六、生活實驗室場域

本指南選定「國立臺灣大學」內的場域作為生活實驗室場域，供聯盟教師參考，包含「臺大綠房子」、「臺大生態池」及「醉月湖」，並依據場域特性的連結表 2 中的「教學聯盟生活實驗室做法之發想」，規劃各場域可行之生活實驗之課程內容：

1. 臺大綠房子

- 介紹：臺大綠房子(圖 2)從建築主體的節能設計、永續建材的選擇、室內採光與通風、家具與裝潢，到庭園景觀的生態工法，具體而微的說明綠建築的實質內涵。



圖 2、臺大綠房子

- 課程規劃：針對校園土地、建築物的建設，朝向雨水收集與蓄水滯洪、增加生物棲地、減少建築耗能、降低暖化、減少用水量等方向思考。

2. 臺大生態池&醉月湖

- 臺大生態池介紹：如圖 3，正式名稱為「瑠公池」，為瑠公圳復育計畫中的一處水域。原本屬於農場的水田，因此植栽設計上，展現農村水田的田野景觀；同時營造多樣化的自然環境，讓鳥類、蛙類、昆蟲棲息繁衍；亦於校園中塑造具生態及休憩功能的藍帶空間，讓南北向的瑠公圳藍帶與舟山路東西向的綠帶縱貫整個校園，塑造出多樣化的校園景觀與開放空間。



圖 3、臺大生態池

- ✚ 醉月湖介紹：如圖 4，水體面積約 8,433 m²，湖體由大、中及小湖組成，平均水深約 2 m，主要水源來源是地下水，季節性水位變化不大，約 25~50 cm；臺大進行醉月湖水質及周邊綠地環境改善，導引綠地地表淨流，以作為地下水補充及湖體供水之用，並整理周邊植栽及改良土質。



圖 4、醉月湖

- ✚ 課程規劃：
 - (1) 為校園生物設計可以避免氣候變遷衝擊的措施。
 - (2) 蒐集氣候變遷對臺大生物多樣性影響的證據。
 - (3) 進行校園生物多樣性資源調查，並建立 GIS 資料。

七、參考資料

1. Living labs Taiwan ; <http://www.livinglabs.com.tw/>
2. Office of Sustainability ; <https://sustainability.mit.edu/figuring-frameworks>
3. Harvard University Sustainability ; <https://green.harvard.edu/climate-solutions-living-lab-course-and-research-project>
4. Harvard University Sustainability ; <https://green.harvard.edu/programs/student-grants>
5. Harvard University Sustainability ; <https://green.harvard.edu/campus-sustainability-innovation-fund>
6. Harvard University Sustainability ; <https://green.harvard.edu/news/buzz-about-rooftop-beehives-harvard>
7. Harvard University Sustainability ; <https://green.harvard.edu/news/harvards-greenest-roof>
8. Harvard Office of Sustainability, 2016. Re(Design) Innovation Challenge. <https://green.harvard.edu/sites/green.harvard.edu/files/Designed%20Case%20Challenge.pdf>
9. Nicolette Neumann, 2016. Designing and installing an agricultural hedgerow to restore native pollinator habitat. http://depts.washington.edu/uwbg/research/theses/Nicolette_Neumann_Designing-Agricultural-Hedgerow_2016.pdf
10. Kasia Keeley, 2016. UW Floating Wetlands Project. <https://csf.uw.edu/project/fp/769>
11. Leann Andrews, 2012. Biodiversity greenwall, edible green screen, and water harvesting demonstration project. <https://csf.uw.edu/project/loi/748>
12. Matt Schwartz, 2013. Kincaid vine restoration project. <https://csf.uw.edu/project/fp/751>
13. Malcolm Howard, 2015. Prairie Rain Garden Design and Installation Project. https://depts.washington.edu/uwbg/research/theses/Malcolm_Howard

_2015.pdf

14. University of Illinois at Urbana-Champaign : Green Roofs on Campus.
<https://icap.sustainability.illinois.edu/project/green-roofs-campus>
15. University of Illinois at Urbana-Champaign : Burrill/ Morrill Walkway.
<https://icap.sustainability.illinois.edu/project/burrill-morrill-walkway>
16. University of Illinois at Urbana-Champaign : Campus Tree Inventory.
<https://icap.sustainability.illinois.edu/project/campus-tree-inventory>
17. Sustainability at Princeton ; Search for Research Questions.
<https://sustain.princeton.edu/lab/research>
18. Sustainable Campus : Campus Initiatives.
<https://sustainablecampus.cornell.edu/campus-initiatives/land-water/sustainable-landscapes-trail/climate-change-garden>
19. Center for Climate and Energy Solutions(C2ES), 2015. Short-lived Climate Pollutants. <https://www.c2es.org/content/short-lived-climate-pollutants/>
20. University of California Press, 2016. Original research report. Chapter 2. The university as a living laboratory for climate solutions.
21. Massachusetts Institute of Technology, Office of Sustainability.
<https://sustainability.mit.edu/>
22. Massachusetts Institute of Technology, 2017. From Plan to Action: MIT campus GHG emission reduction strategy
23. 臺灣大學智慧生活科技整合與創新研究中心 ;
<http://ewpg.insight.ntu.edu.tw/2998327963235263951123460-living-lab.html>
24. 綠建築示範屋 ; <http://www.ecohouse.org.tw/intro/intro.php>
25. 臺大校園十二美景 · <https://www.ntu.edu.tw/12scence/02.htm>