

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PHA1090393
學門專案分類/ Division：人文藝術及設計
執行期間/Funding Period：2020.08.01~2021.07.31

整合建築生命週期觀點的教學實踐研究
(建築生命週期評估)

計畫主持人(Principal Investigator)：趙又嬋

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：逢甲大學建築專業學院

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2021 年 9 月 17 日

整合建築生命週期觀點的教學實踐研究

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

1. 研究動機

「建築生命週期評估」是逢甲大學「建築專業學院」特有的課程之一，所謂的「生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA)」是一種環境分析工具，用於分析產品、服務、製程技術從原料取得、生產製程、運送、使用到最終廢棄的所有過程中環境造成的影響。此課程雖然開設於「室內設計學士學程」之中，但是本院的「建築學士學程」及「創新設計學程」的學生，也均會跨域選修該門課程，其原因在於：(1) 對「建築」本科的學生來說，「建築生命週期評估」除了是實用的碳足跡評估工具，在目前新建建築案量大減少的前景下，未來既有建築的使用、更新維護管理將會是必須面對的課題與主要業務範疇；(2) 對「室內設計」學程的學生來說，因應既有建築的更新修繕維護，室內改裝也會需要應用到生命週期維護管理的概念，而未來健康智慧生活的議題，更是與生命週期使用階段息息相關；(3) 對「創新設計」學程的學生而言，建材銀行、循環營建、循環經濟更需運用生命週期的理論規劃、評估及實踐 (圖 2)。

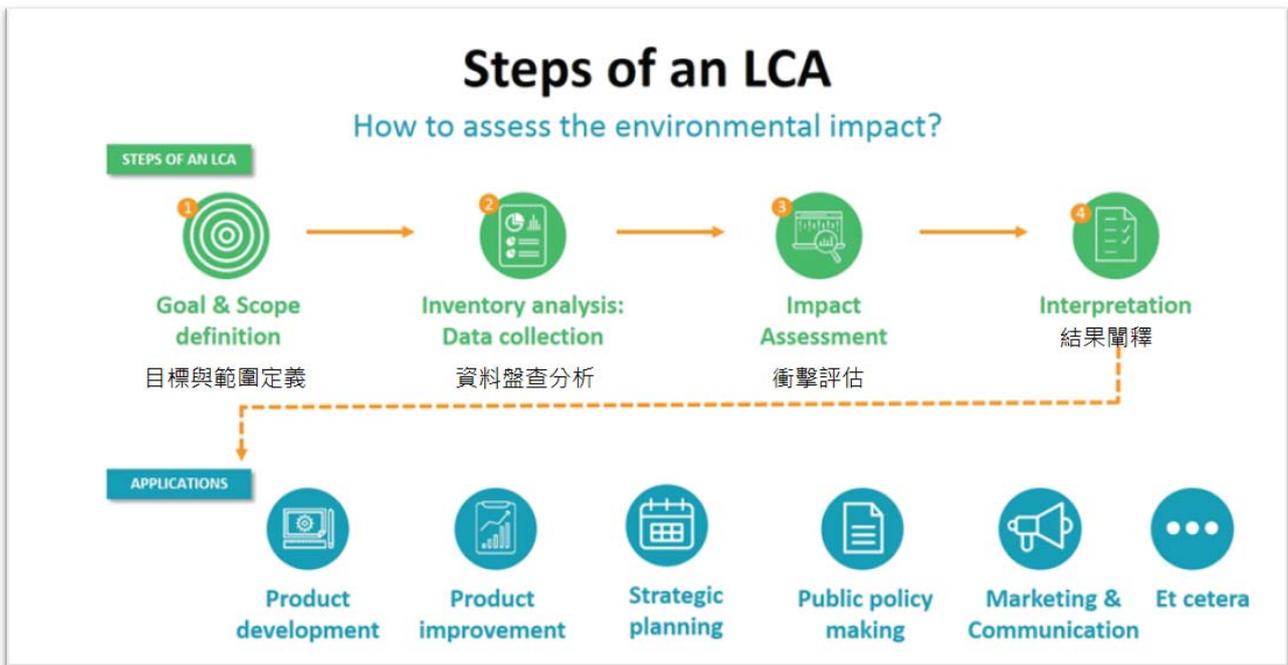


圖 1 生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA)」是全面的環境分析方法，可應用在許多學科

由上所知，「建築生命週期評估」對建築產業之各面向均能提供縱向於橫向的連結應用，該課程雖為選修課，也是一門獨特的新設課程，但因具備實質的重要性，因此如何讓學生知悉理解「建築生命週期評估」之重要性，甚至發揮「行動力」，將此一概念發揮在具體的設計提案上，是本門課教學實踐的終極目標。建築本就是實作實踐導向的學門，考量建築系學生的學習特質，期能導入創新的教學模式，提升建築學門學生學習專業科目的熱情，並且能確實理解箇中的原理，並激發創意與行動力，以因應未來的建築產業需求。

2. 研究目的

過去的建築專業課程，幾乎是老師單方面的課堂講授，評量方式也以一般的紙筆測驗以及作業為主。本人過去幾年的教學經驗中，雖然發現學生在課堂上的學習反應不錯，總結性的問卷調查結果獲得的評價也高，然若以 OBE 的導向進行課程設計，事實上教學能給予學生知識層面還能再更加提升。例如除了基本的「課堂教學」，還可融入「做中學」、「設計模組」以及「合作學習」的面向，將學生所獲得的學習能力層級，由知識、理解，進一步提升至應用層面，或比應用再高的分析、創新層面。

承上所述，為了讓同學具備「建築生命週期」的專業知識（學科知識），進一步在日後的設計規劃或提案中正確的應用發揮（專業能力），同時提升課堂學習的動力與樂趣，本研究擬以「**建築生命週期的故事**」為創新教學的主題，借重 CDIO 的「統整式學習（Integrated Learning）」模式，讓學生在課堂中操作數個小專題，由簡而深，培養學生正確的決策思考模式，並發揮創意提出更為理想的建築生命週期設計手法。

因此，此次的創新教學策略，除了保留既有的課堂授課模式，還會在期末以小型工作坊的模式，運用「循環設計討論板（Circulab Board）」，從建築生命週期的觀點，發想綠色營建或綠色商業模式。同時在評量上，也破除以往一貫的紙筆測驗，在專題部分導入 Rubrics 指標評量。本課程主要的研究主題及研究目的如下：

- (1) 從建築生命週期的各個觀點切入，將學生學習能力由「知識理解」提升至「應用分析」層次，提升學生學習意願，並加深學習印象，深化學生統整學習的能力。
- (2) 運用 CDIO 的「統整式學習（Integrated Learning）」及實作模式，運用 design thinking，經由夥伴的共同創作、簡易的原型設計及持續的修正，開發新的想法與做法，並付諸實行，增進學生知識應用能力。



圖 2 本研究運用 CDIO 統整式學習架構執行，並結合 OBE 及 PBL 進行課程設計

二、文獻探討(Literature Review)

(1) CDIO

2000 年，美國麻省理工學院、瑞典林雪平大學等四所大學，規劃全新的 CDIO 工程教育理念，並成立以 CDIO 命名的國際合作組織。目前已經有歐洲、北美洲、亞洲、英國、拉丁美洲、澳洲、紐西蘭和非洲，共 120 多所學校加入 CDIO 合作組織，共同繼續開發和完備 CDIO 教學模式。關於 CDIO 的定義如下（圖 3）：

- **Conceive (構思)**: 定義客戶需求、考量所需技術、發展概念性的商業計畫 (設計思考法、問卷調查、訪談、觀察法、腦力激盪、心智圖、九宮格、六頂思考帽...等)
- **Design (設計)**: 給予較詳細的資訊描述產品設計, 或是設計產品的草圖 (應用課程學到的理論、分析工具和方法進行設計)
- **Implement (實施)**: 將設計轉換為產品、過程或系統, 包括軟硬體製造、系統整合與測試
- **Operate (操作)**: 改進產品、包括銷售、物流、客戶服務、維護、回收、升級

CDIO 以真實世界的產品/系統為導向, 進行構思、設計、實施、運作過程的工程教育, 讓學生掌握紮實的基礎知識, 構思並設計新的產品, 同時能夠實施及運作, 成為學用合一的工程人才。其內容重視以人為本, 從使用者的角度設計產品; 強調兼顧技術與商業營運的全產品設計; 重視跨領域團隊合作, 同時培養 Hard skills 與 Soft skills; PBL (Project-based learning) 導向的學習, 從做中學、鼓勵從失敗中學習。

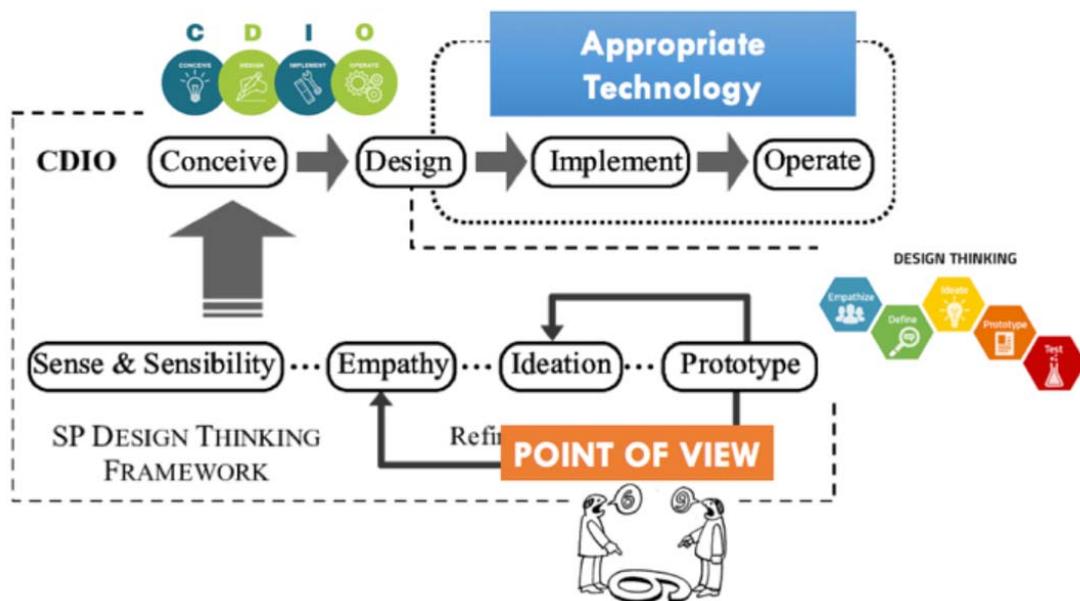


圖 3 設計思考與 CDIO

CDIO 代表了一套「基於專案作中學」的教育模式, 從做中學「以自主學習獲得知識」、「以團隊合作共享知識」、「以解決問題應用知識」, 對於 21 世紀高等教育具有啟發意義。CDIO 將畢業生能力分為「基礎知識」、「個人能力」、「人際團隊能力」和「工程系統能力」4 個面向, 所謂的工程系統能力指的是應用知識為社會做出貢獻, 在企業、社會和環境下構思、設計實施、運作的創新過程。目前世界各國在推動 CDIO 的教育改革已有豐碩的成果。2004 年新加坡理工大學推動全校的 CDIO 改革, 將三年的課程模組化。2005 年中國汕頭大學在工學院也推動了 CDIO 模組, 並對其他的高校起了示範作用, 目前國際間已有許多的課程實例。CDIO 的課程設計有 12 項標準, 而這 12 項標準也都能以 Rubrics 結合運用, 提供評鑑時的佐證參考 (表 2)。

表 2 CDIO 與 Rubrics 具體應用及評鑑對照表

基本原則	1: The Context 情境脈絡 ：將產品、過程或系統的 CDIO 理念整合到學校使命及專業目標
課程發展	2: Learning Outcomes 學習成果 ：以 4 個能力層面來檢視學習成效 3: Integrated Curriculum 整合性課程 ：不同學科及課程如何能針對 4 個能力層面，分工與模組化整合培養學生實作能力 4: Introduction to Engineering 工程導論 ：如何激發學生在相應核心工程領域的應用興趣與動力
設計-實施經驗和場所	5: Design-Implement Experiences 設計-實施的經驗 ：課程應包括基本及高級的設計-實施經驗，任學生參與產品、過程和系統的 CDIO 6: Engineering Workspaces 場所 ：足夠支持學生動手做出產品、過程和系統建構、專業知識、社會學習所需的場所及實驗室
教學和學習方法	7: Integrated Learning Experiences 整合性的學習經驗 ：整合學習經驗足以讓學生培養 4 種不同能力，並與職場訓練融合 8: Active Learning 主動學習 ：基於主動及經驗性學習的教與學，讓學生具備思考及解決問題的能力
教師發展	9: Enhancement of Faculty Competence 提高教師的能力 ：在個人、人際關係、以及產品、過程、系統建構面向提高教師的專業技能 10: Enhancement of Faculty Teaching Competence 提高教師的教學能力 ：採用主動和經驗式學習方法以及評量，提升教師教學知能
評量和評估	11: Learning Assessment 學習成效評量 ：考核學生 4 項能力培養成效 12: Program Evaluation 課程評估 ：依 12 項原則評估教學系統，並將結果回饋給學生、教師，以達持續改善之目標

(2) 發展評量指標 (rubric)

評量指標是一套建立評分的準則，可用做評估學生特定作業的標準，每個標準都明列達成的程度，這種以學習成效為基準的評估方式(performance-based)，目標在於正確反映學生的學習效果。評量指標可分為「分析型」(analytic) 與「整體型」(holistic) 兩大類。「分析型」指標評量成品的個別要素，「整體型」指標則著重在完成作品的整體表現，因此沒有個別面向，只有不同等級。老師可依自己需求，決定訂定何種評量指標。無論分析型或整體型的評量指標，一旦列出評分標準，對老師教學與學生學習都有正增強作用。評量指標能夠讓老師更清楚知道自己的教學目標，同時也提醒學生該往哪個方向前進。分析型評量指標的主要構成元素，分別為：評量標準或面向(criteria or dimension)，以及等級 (levels of performance)。

三、研究問題(Research Question)

過去的課堂教學偏重理論課程，而忽視了個人軟能力諸如團隊合作與溝通能力的培養。因此目前所強調的創新教學，是以「學生」為主體，讓學主動習、探索知識與解決問題，有效提升學生的學習動機及學習成效。目前逢甲大學將美國麻省理工學院等國際頂尖大推動的 CDIO 融入本校各系的課程中，採取以 **Conceive (構思)**、**Design (設計)**、**Implement (實施)**、**Operate (操作)** 的創新教育歷程，希望培養學生的工程能力、個人職業道德、學術知識、解決問題的能力、溝通能力及掌握複雜系統的能力，培養出真正被需要的人才。

CDIO 的教學重點在於「**統整式學習 (Integrated Learning)**」、「**建構性對應**

(constructive alignment)」及「成果導向學習 (Outcome-Based Education)」。在「統整性學習」的部分，透過整多目的教學活動設計，可以提高學習動機，並且加強學生的知識理解能力，本研究主旨在於探討 CDIO 統整式學習的與學習成效的對應關係。

四、研究設計與方法(Research Methodology)

1. 教學主題

建築物的生命週期 (Life Cycle) 就是建築物由出生到滅亡的時間 (圖 4)。綠色建築的 LCA 就是由建材生產、營建運輸到建築物拆解、廢棄物處理等過程的環境衝擊評估，亦即從建築物的「搖籃到墳場」進行全面性、系統性的環境影響評估。本研究以「建築生命週期的故事」做為創新教學的策略主題，此次的教學主題並結合 CDIO 的教學概念，進一步轉化成果導向的學習方式。



圖 4 建築的生命週期各階段

2. 教學方法

「建築生命週期評估」為建築專業學院建築室內學位學程大三的選修課，本年度修課人數為 13 人，包含室內設計學程、建築學程、以及外系學生。除了指定的課程參考書《建築產業碳足跡》之外，會以自編教學講義做為授課教材。專題評量方式會採用 Rubrics 評分量表設計，相關教學資源則會參考逢甲大學教學資源中心於網路教室 iLearn2.0 提供的各式資源，包括來自不同領域教師的教學講座分享等。

(1) 發掘問題：

發掘問題在於訓練學生發現別人看不見的細節，找出別人看不見的問題。因此在透過課堂授課、影片觀賞、隨堂遊戲等方式，誘導學生反思建築生命週期中可能會遇到的設計問題，以及因應未來的永續課題，在設計思維上我們可以有怎樣的突破？

(2) 課堂授課：

課堂授課是傳遞知識最直接有效的方式，這個階段以講座授課方式向同學們有系統的講解生命週期各階段與建築設計的關係、建築產業碳足跡計算等。

(3) 學生討論：

本課程將透過討論的方式集思廣益，思考不同的設計情境下將如何影響建築碳排產出，並尋求更好的設計解決方式。

(4) 專題學習：

將前述討論的想法運用課堂所學，以「建築再生與循環」主題來實際操作流程來解決問題。

3. 課程進度

課程進度分為 4 大部分，對應建築生命週期中各個重要階段應習得的知識與能力（表 3）（圖 5）：

表 3 「建築生命週期」4 大階段的課程內容安排

階段主題	課程單元	主要授課內容
CHAPTER 1：建築的故事	東西的故事	認識何謂「生命週期」？並且反思生活中各式物品的製造過程是否造成環境的衝擊？
	搖籃到搖籃 C2C	理解產品生命週期設計的策略與原則，利用「養分管理」觀念，於產品設計階段就仔細構想產品結局，讓物質得以不斷循環。
CHAPTER 2：建築的壽命	建築生命週期評估	將「生命週期」導入「建築」議題，向學生講授「建築生命週期」中建築產業的責任與設計切入點。
	建築生命週期維護管理	建築各階段的課題、分項工程的生命週期與更新
CHAPTER 3：建築碳足跡	建築碳足跡評估	介紹建築產業碳足跡的評估法，以及低碳建築案例介紹
	建築減碳設計	建築生命週期各階段的減碳設計與潛力評估
CHAPTER 4：建築再生與循環	建築更新與再利用設計	認識建築更新再利用的主要手法
	循環經濟與永續建築	建材護照、建材銀行、BIM 生命週期整合設計、循環經濟模式

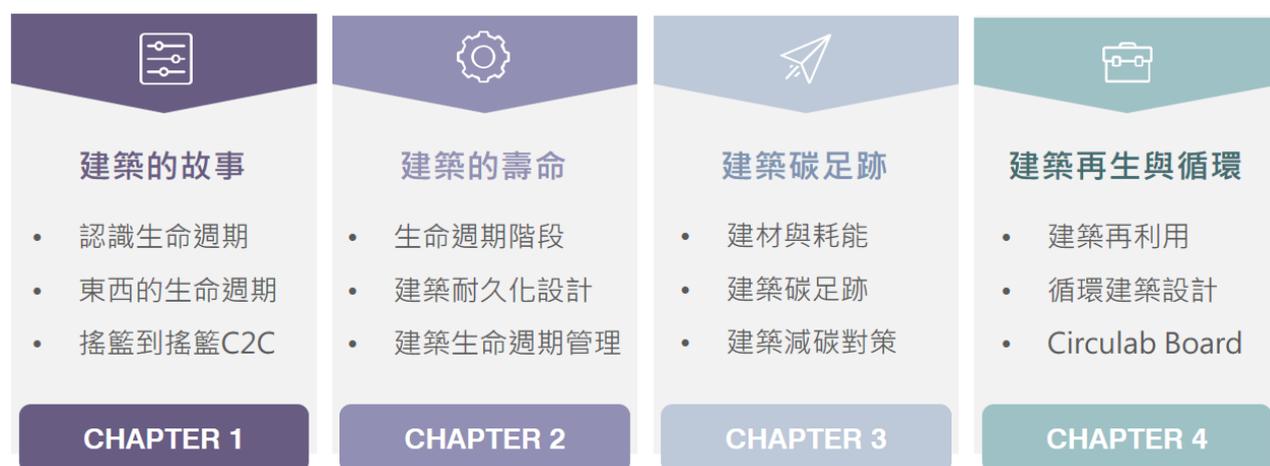


圖 5 本課程各階段主題與其對應的教學內容

4. 學習成效評量工具

本課程評量方式包含「直接評量」與「間接評量」。「直接評量」係指直接從學生表現評估學習成效，例如考試、報告、專題作品等。「評量指標 (Rubrics)」為評估學生實際表現相當有效的評量工具，評量指標為一套評分標準，主要的構成元素有評量面向

以及等級，每個標準都清楚列出達成的程度。「間接評量」指的是學生對於自己各項能力的自我評估與認知，通常以問卷自評的方式得知。此外，為透過問卷了解學生自我評估的學習成效，問卷施測有以下幾點建議：其餘的參考評量方式，還使用了逢甲大學 iLearn 2.0 系統的「期中形成性評量」與「總結性評量」等工具（表 4）。

本課程在專題作業部分採用 Rubrics 評量方式，透過評量標準之量化，各項評量之實施與其結果皆對師生具有明確且公平之依據。對教師而言，能夠明確回應學生對於評分高低的疑問，避免主觀的成見或既定印象；對學生而言，能知道老師對於作業的要求及評分依據，評估自我表現並調整學習方向。

「間接評量」的部分，則採取前後測（pre-test & post-test）的方式，問卷題目會由課程核心能力發展而成，請學生自我評估各項能力「目前」具備的情形，來瞭解學生在專題進行前後的學習成效，施測結果使用軟體統計分析。

表 4 「建築生命週期評估」之教學架構與研究範圍

研究範圍	「建築生命週期評估」課程對應內容
課程範疇	<ul style="list-style-type: none"> ● CH1 建築的故事：認識生命週期/東西的生命週期/搖籃到搖籃 C2C ● CH2 建築的壽命：建築的生命週期/建築耐久化設計/建築生命週期管理 ● CH3 建築碳足跡：建材與耗能/建築碳足跡/建築減碳對策 ● CH4 建築再生與循環：建築再利用/循環建築設計/Circulab Board 提案
教材選用	自編教材：東西的故事/建築的壽命/建築碳足跡/循環經濟與永續建築
教學資源	逢甲大學教學發展中心 / 逢甲大學網路教室 iLearn 2.0 / 逢甲大學教學工作坊
教學方式	課堂教學/分組討論/專題報告
評量方式	● 運用 Rubrics + 學生問卷自評

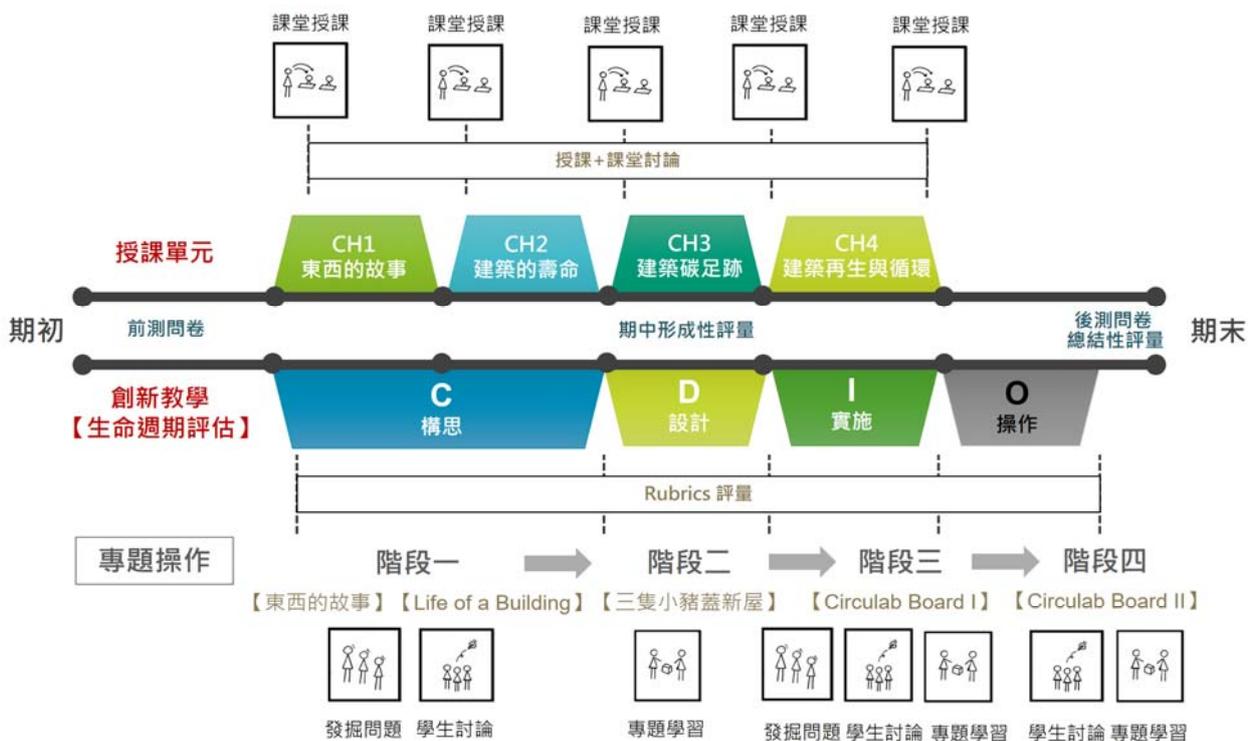


圖 6 本研究架構與實施流程

五、教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

1. 教學過程與成果

(1) CHAPTER 1：建築的故事+ CHAPTER 2：建築的壽命（發掘問題+學生討論）

工業革命以來，人們一直採用線性的生產消費模式，造成資源不斷的耗用以及廢棄物不斷的累積。階段一先從《東西的故事》影片導入生命週期評估的概念，讓學生進一步在生活日常中發掘物品的資材取得、使用過程、廢棄處理等問題。運用「生命週期」來描述東西「出生到死亡」一生的故事，並且思考如何進一步運用「C2C」概念達到「循環不息」的境界。

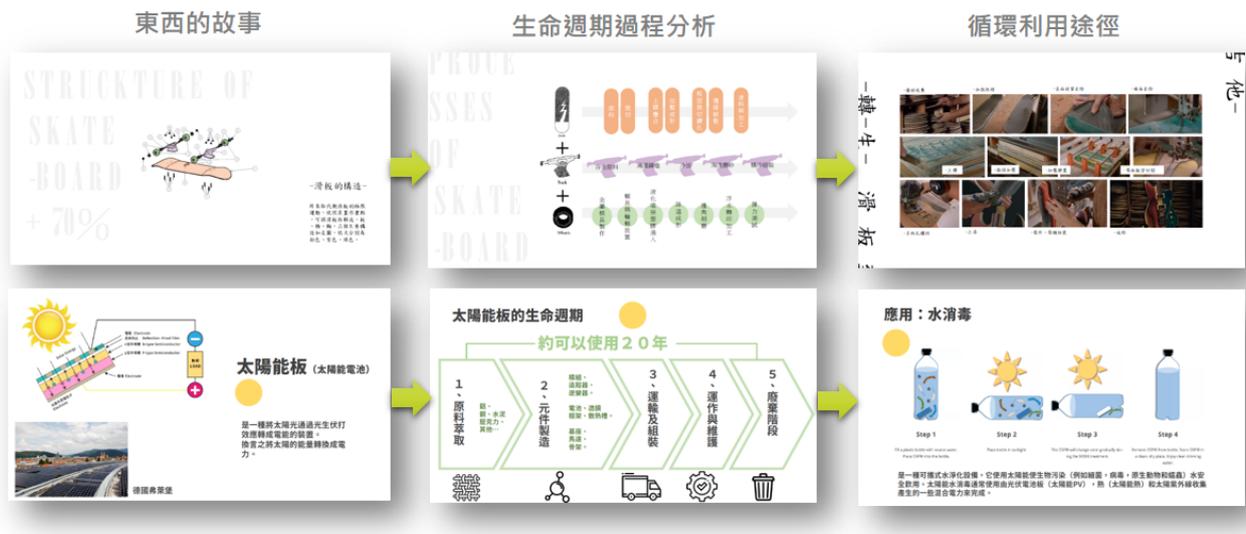


圖 7 階段一的教學操作過程與學生學習成果

(2) CHAPTER 3：建築碳足跡（學生討論+專題學習）

本堂課另一個重點，就是介紹「建築碳足跡」。運用 ORID 焦點討論法帶領學生進行課堂討論，讓學生思考建材與碳排放的關係，並提出合適的建築減碳設計策略。在期中專題的部分，將枯燥繁瑣的碳足跡計算，設計為「三隻小豬蓋新屋趣味專題」，讓學生實際操作演練評估過程，比較不同的材料設計方案的碳排放量，提出最好的建築減碳設計策略。

主題：三隻小豬&牠們的建材

<p>Objective (O)</p> <p>原本的故事中，這些建材各自有什麼特色及優點？大哥哥在選材上算是失敗的決策嗎？</p>	<p>Reflective (R)</p> <p>稻草、木材、磚頭，你認為哪種材料構造比較好？為什麼？</p>		<p>Objective</p> <p>大哥哥的選材 二隻小豬 堅固</p> <p>Reflective</p> <p>木材 結構穩定 磚頭 結構穩定 稻草 物理性能較差 結構穩定性差</p> <p>Interpretive</p> <p>找不到碳核 水地未下足 預算不足</p> <p>Decisional</p> <p>耐風風 模範化 木料</p> <p>大哥哥的選材 不穩</p> <p>大哥哥</p>
<p>Interpretive (I)</p> <p>如果小豬們選用現代的建材（水泥、鋼骨...等），小豬們會有不一樣的結局嗎？</p>	<p>Decisional (D)</p> <p>跳出故事外，若加入生命週期的因素，考量生態性、環境負荷、耐用度...等，你會建議使用哪一種建材構造？</p>		



NEW 3 Little Pigs

姓名: _____
學號: _____

1. 讀完故事後請回答下列問題 (以下問題「必」讀, 其中「中」為「選」讀題, 請根據故事內容「中」或「不」讀的內容作答。注意, 請將你讀了哪些內容寫下來, 寫完後請再讀一下, 然後將你的答案寫在表格中, 向老師交回表格。)

問題編號	問題內容	是否讀完	是否作答
1. 必	故事中有幾隻小豬? (1-1)	是	是
2. 必	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
3. 必	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
4. 中	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
5. 中	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是

2. 讀完故事後請回答下列問題 (以下問題「必」讀, 其中「中」為「選」讀題, 請根據故事內容「中」或「不」讀的內容作答。注意, 請將你讀了哪些內容寫下來, 寫完後請再讀一下, 然後將你的答案寫在表格中, 向老師交回表格。)

3. 讀完故事後請回答下列問題 (以下問題「必」讀, 其中「中」為「選」讀題, 請根據故事內容「中」或「不」讀的內容作答。注意, 請將你讀了哪些內容寫下來, 寫完後請再讀一下, 然後將你的答案寫在表格中, 向老師交回表格。)

【步驟 1】請學生閱讀故事「大灰狼與小豬」, 並回答以下問題 (1-1)。

問題編號	問題內容	是否讀完	是否作答
1. 必	故事中有幾隻小豬? (1-1)	是	是
2. 必	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
3. 必	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
4. 中	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
5. 中	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是

【步驟 2】請學生閱讀故事「大灰狼與小豬」, 並回答以下問題 (1-1)。

【步驟 3】請學生閱讀故事「大灰狼與小豬」, 並回答以下問題 (1-1)。

問題編號	問題內容	是否讀完	是否作答
1. 必	故事中有幾隻小豬? (1-1)	是	是
2. 必	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
3. 必	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
4. 中	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是
5. 中	大灰狼叫什麼名字? (1-1)	是	是

【步驟 4】請學生閱讀故事「大灰狼與小豬」, 並回答以下問題 (1-1)。



圖 7 階段二的教學操作過程

(3) CHAPTER 4: 建築再生與循環 (學生討論+專題學習)

以建築的再生與循環為題, 借用 4D (Discover, Define, Develop, Deliver) 的雙菱形收發迴圈 (Double Diamond) 模式, 讓學生經由發散與收斂來聚焦議題。同時因應遠距教學, 運用 MIRO 進行課堂線上討論。期末專題則分為兩階段, 首先使用「循環經濟商業模式討論板 (Circulab Board)」輔助學生進行有效的循環經濟提案。

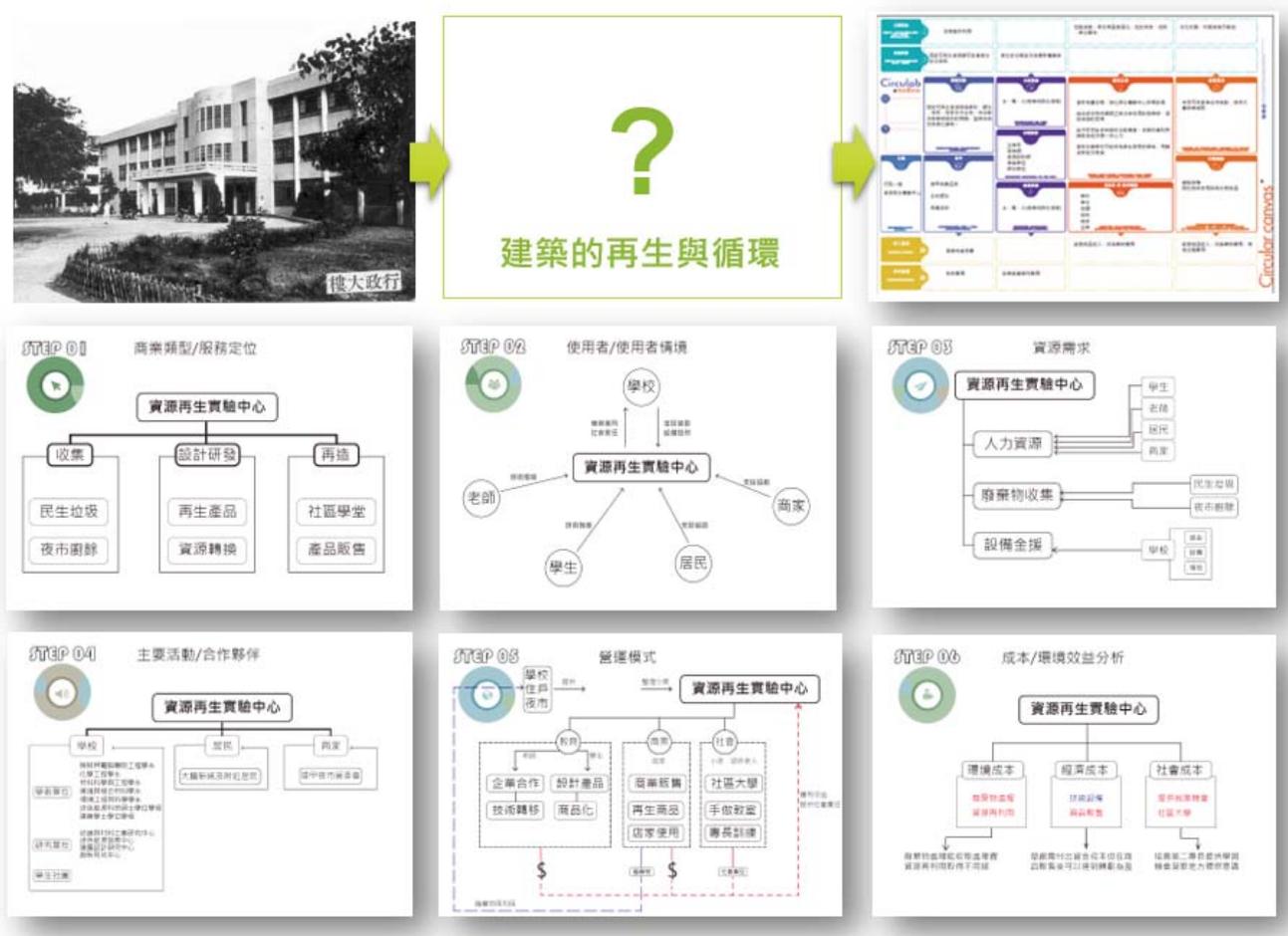


圖 8 階段三與階段四的教學操作過程與學生學習成果

循環設計需要集思廣益，需要具體操作與落實，其實就是完整的 CDIO 執行過程。運用 Circulab Board 整合整個學期的所學，進行「建築的再生與循環」的創意提案，訓練設計思維，瞭解循環經濟的概念和相關的經濟、社會和環境效益，思考成本與收益，並能兼容環境與社會影響，以及人們在整個生命週期中參與的能力；也能快速地將問題轉發展到專案階段，探索和創造新的永續商業模式，做為最終學習成果的檢核與呈現（圖 8）。

2. 教師教學反思

(1) CDIO 有助於提升教學成效

本學期結合教育部教學實踐研究計畫，導入 CDIO 操作，在期中與期末分別設計了兩個專題報告，尤其期末設計的「既有建築再利用」專題，逐步引導學生運用 Circulab Board 進行循環設計的提案，並透過成果發表給予建議回饋，學生得以「以自主學習獲得知識」、「以團隊合作共享知識」、「以解決問題應用知識」，學生修課後普遍反應良好。課程目標與基本核心能力相關性之綜合教師自評如表 4 所示。

(2) 隨時善用教學工具調整教學策略

本學期由於修課人數少於預期設定，因此原先設想的多組討論情境，調整為尺度更小的對話討論模式，並導入 ORID 焦點討論法提升討論品質。此外，在教學架構中運用有趣的教學遊戲、多媒體平台，可引導學生自行發掘問題、解決問題。學期中後段遭逢疫情實施三級警戒，全面調整為遠距線上授課，故原本的現場討論，改使用線上白板 MIRO 來代替，反而發現學生互動效果佳、參與更為熱烈。

(3) 運用 Rubrics 可提升學生作業內容認知並提升作業品質

在 Rubrics 的得分分布上，發現預先提供的評分標準與要求（表 5），學生能清楚明白老師對於作業的規定要求，因此較能達成老師的期待，在作業的表現也會隨之提升，就統計結果可發現學生在「優」及「佳」的得分整體都有接近 8 成以上的表現（圖 9）。

表 4 本課程目標達成情形

課程目標與基本核心能力相關性		課程目標達成情形				
課程目標	相關性	非常易	易	可	難	非常難
理解「建築生命週期」各個階段的建築行為模式與環境負荷。	F2		V			
應用「建築碳足跡」的概念來計算建築生命週期的環境負荷。	F3			V		

表 5 階段四期末專題「建築的再生與循環」之 Rubrics

準則	成果等級			
	優	良	可	不佳
創意發想與使用者需求（加權 20%）	能提出有價值的創意，妥善的思考方案與服務的關係，滿足題目設定的使用者需求。	對於思考方案與服務的關係有想法，並能達成題目設定的使用者需求。	能部分滿足方案與服務的關係，並達成部分設定的使用者需求。	未能充分思考方案與服務的關係，未達設定之使用者需求。
技術可行性與執行潛力（加權 20%）	能思考成本與收益，完整規劃具備價值的商業活動	能提出有執行潛力的商業活動	能提出初階的商業活動	提出的商業活動不具備潛力及執行性

自然永續性 (加權 20%)	能妥善的運用自然與技術資源，並對外部環境產生正面影響	能良好的運用自然與技術資源，減少環境負面衝擊	能運用自然與技術資源，但未能評估對環境的影響	無法完善的運用自然與技術資源
報告表現 (加權 20%)	口頭報告清晰有條理，專題報告美工編排質量俱佳，內容齊全，說明性佳。	口頭報告清楚，專題報告編排有所表現，作業質量尚佳，有說明性。	口頭報告說明性尚可，專題報告美工編排尚可，作業內容有部分缺漏。	口頭專題說明性不足，報告未能完善排版，作業內容有嚴重缺漏。

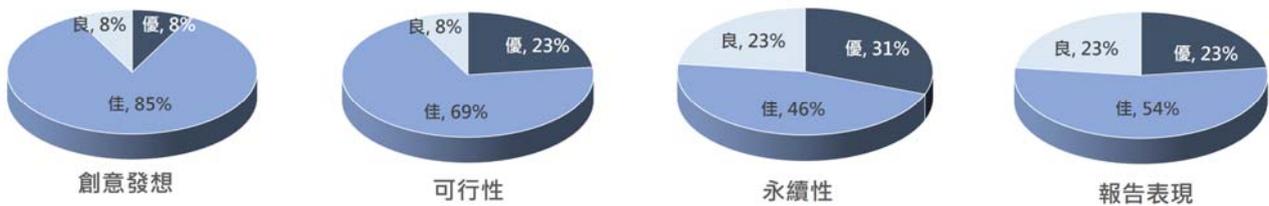


圖 9 學生期末專題 Rubrics 得分分布情形

3. 學生學習回饋

學生的學習回饋可分為兩種模式，一種是「知識面」的提升，一種是「能力面」的提升。能力提升可由 CDIO 的專題導向作業來檢視，如前述 Rubrics 評分結果，可以反應學生在各面向上的表現，整體觀之，學生在「創意發想」、「方案可行性」的表現優良，「方案永續性」及「報告表現」雖尚有提升空間，但仍有水準以上的表現(圖 9)。

本學期課程除了學校的授課意見調查達 4.64 分(滿分為 5 分)之外，也發給學生問卷分別針對課程四個階段進行前後測自評，問卷內容是以「核心知識導向」設計，每個階段設計 3 個核心能力問題，讓學生以 1~5 分自評對於該議題的理解程度，作為「知識面」提升的評量。問卷總共 12 道題目，13 人修課，共回收 10 份有效問卷。



圖 10 各個問題前後測得分比較

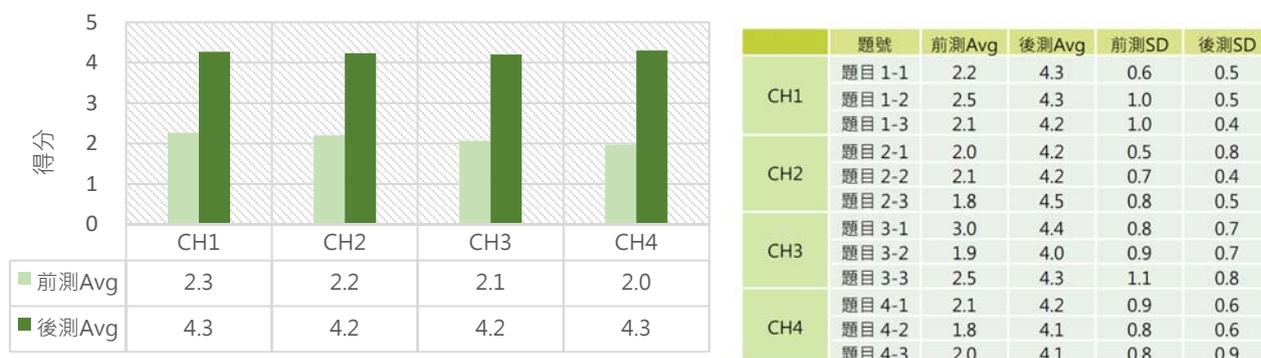


圖 11 各階段前後測得分比較

調查統計結果如圖 10~11 所示。各階段的前測自評得分平均為 2.0~2.3 分，後測自評得分平均提升至 4.2~4.3 分，顯示在進行一整個學期的課程之後，學生對於生命週期各階段重要知識均能有相當的理解。

六、建議與省思(Recommendations and Reflections)

綜觀整個學期 CDIO 的專題式操作，相較於傳統的教學方式，學生更能具備這門課程的核心能力，對於學習滿意度也高。未來再執行相關課程規劃之建議有三：(1) 學習成效評估方法的改進，對於評價教學方法對於學生的學習成效有具體影響，以及如何呈現量化的學習成果，需要再精進；(2) 關於學生學習成效，也需進一步思考質化研究方法與資料蒐集方式；(3) 因應疫情關係，遠距教學如何整合 PBL 或專題實作類課程之操作，仍需調整與測試。

參考文獻(References)

1. 呂以榮、張子祥，2005，《研究設計與方法》，六合出版社
2. 李坤崇，2012，大學基本素養與核心能力的檢核機制，教育研究月刊，218 期，P.5-25
3. 李秉乾、翟本瑞、李堯涓，2019，《CDIO 教育架構的導入與實踐》，逢甲大學通識中心
4. 金陵，2016，《翻轉課堂與微課程教學法》，北京師範大學出版社
5. 翟本瑞、周惠那、陳淑惠，2016，《創意思考與實例演練》，逢甲大學通識中心
6. Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W.A., Brodeur, D.R., 2011, The CDIO Syllabus v2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education, *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20 – 23

附件(Appendix) (請勿超過 10 頁)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。

授課進度	問題 (5 是非常瞭解, 1 是完全不瞭解)	前測填答數					後測填答數				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
CH 1 建築的故事	1-1 您對於「生命週期評估」的瞭解程度?	0	0	3	6	1	3	7	0	0	0
	1-2 您對於「搖籃到搖籃 C2C」概念的瞭解程度?	0	2	2	5	1	3	7	0	0	0
	1-3 您能運用「生命週期」的概念，來闡述分析「東西一生的故事」嗎?	0	1	2	4	3	2	8	0	0	0
CH 2 建築的壽命	2-1 您瞭解「建築生命週期」可以分為哪些階段嗎?	0	0	1	8	1	4	4	2	0	0
	2-2 您瞭解「建築物的壽命」受到哪些因素影響嗎?	0	0	3	5	2	2	8	0	0	0
	2-3 您瞭解台灣「建築物的壽命」平均有多長嗎?	0	0	2	4	4	5	5	0	0	0
CH 3 建築碳足跡	3-1 您對於「碳足跡」概念的瞭解程度?	0	3	4	3	0	5	4	1	0	0
	3-2 您瞭解建築物在生命週期各階段，是如何產生碳足跡的嗎?	0	0	3	3	4	2	6	2	0	0
	3-3 在「三隻小豬」的故事中，有不同構造材料的房子，您會利用碳足跡的觀點，分析小豬們房子的優缺點嗎?	0	2	3	3	2	5	3	2	0	0
CH 4 建築 再生與循環	4-1 您對於「既有建築再利用」的瞭解程度?	0	0	4	3	3	3	6	1	0	0
	4-2 您對於「循環經濟+建築」概念的瞭解程度?	0	0	2	4	4	2	7	1	0	0
	4-3 您能針對既有的舊建築，從永續及循環營建的觀點，提出對應的維護管理或重新改造的方案嗎	0	0	3	4	3	3	6	0	1	0

授課進度	前測填答結果	後測填答結果
CH 1 建築的故事		
CH 2 建築的壽命		
CH 3 建築碳足跡		
CH 4 建築 再生與循環		