

以生態化查驗實習來強化水土保持教學的成效

陳宜清

大葉大學環境工程學系

51591 彰化縣大村鄉學府路 168 號

摘 要

通常傳統式教學僅有“授”與“受”之單向思考，缺乏回饋與互動，學生的學習成效相當有限。在工程教育認證要求下，理解自然生態系統與人造環境系統的功能，發掘、思考及解決該領域問題的能力是要求修習「水土保持」學生所需具備的重要核心能力；但如何達成該核心能力？則有賴妥善及有創意的課程設計。如能發展一套按部就班及有系統的三階段專題式學習－「水土保持設施生態化查驗」，學生將上課所學及實務工程相結合印證，更能加深記憶，確切了解水土保持及生態工程的相關性。藉由實習之「由做中學」實務操作更能提升學生學習興趣，教師也可評量及印證學生之學習成效。另外，藉由分組之協作學習，學生展現了團隊精神，互相提出意見及討論，共同去創作出一個自認為滿意的作品及結果，這也是一種社會互動的學習。

關鍵詞：工程教育認證，水土保持，專題式學習，生態工程，實習，協作學習

Enhancing Teaching in a Water-Soil Conservation Class through a Practicum in Eco-design Observation

YI-CHING CHEN

Department of Environmental Engineering, Da-Yeh University

No. 168, University Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.

ABSTRACT

Lacking feedback and interaction, traditional teaching utilizing only one-way logical thinking always limits the learning outcome. In accordance with the guidelines for accreditation of engineering education, the core abilities for a water-soil conservation class are to develop an understanding of the function of both natural and artificial eco-systems and to explore, think and resolve problems in these realms. Thus, how to reach this goal is the question. In response to the prerequisite of an appropriate and creative curriculum design, a stepwise and systematized three-stage project-based curriculum for a practicum in “Eco-design Observation of Water-Soil Conservation Facilities” was developed. The collaboration between in-class learning and a practicum should enhance students’ impressions, thereby enabling a thorough grasp of the concept of ecological-engineering-related water-soil conservation. “Learning by doing,” operating in the context of a practicum, can actually promote motivation for study. The teacher can also evaluate and

corroborate the students' learning outcomes. Moreover, through collective learning, students reveal a team spirit and put forward their opinions in discussions. Furthermore, a self-satisfied outcome to enhance students' creativity can ultimately be reached. This effect also encourages social interaction by learning.

Key Words: accreditation of engineering education, water-soil conservation, project-based curriculum, ecological engineering, practicum, collective learning

一、前言

(一) 緣起

實習 (practicum) 為的是能讓學習者能真正將所學理論, 在實際 (或假設) 的情境中, 經由具體的操作實務來得到檢視理論與現實間落差的經驗; 由於學習者的個別差異, 所造成學習經驗、感受、建構知識的過程與詮釋知識的意義也不一樣, 這種經由實習而產生的經驗, 對學習者而言是非常重要的學習收穫, 它不僅可使教學者 (學習者) 反省過去所教 (學) 理論的得失, 調整或增強現在需要的知識與技能, 而且更有助於適應未來的相似情境與問題解決。

於大葉大學環境工程系 (稱大葉環工) 之「水土保持」的教學, 以往多是教師以課堂講授理論及案例為主, 學生僅是聽眾的角色, 對於實例介紹也僅能透過圖片揣摩並無立體之概念。另一方面, 此種傳統式教學僅有“授”與“受”之之單向思考, 缺乏回饋與互動, 學生的學習成效相當有限。而且, 此類只重教學技巧的學習傳授方式常忽略對課程內涵深入的反思與批判的問題, 然實習經驗卻可提供學生結合理論與實際教學現場脈絡的學習機會。如能發展一套按部就班及有系統的教學實習 (如分組→初評→檢查表格建立→複評→現地講解等程序), 預期必能對所有修習該課程同學能有莫大助益。學生能將上課所學及實務工程相結合印證, 更能加深記憶, 確切了解水土保持及生態工程相關問題。藉由實習之實務操作更能提升學生學習興趣, 教師也可評量及印證學生之學習成效。同學們以分組之分工合作, 展現了團隊精神, 互相提出意見及互相討論, 共同去創作出一個自認為滿意的作品及結果。又經由口頭的報告與介紹, 一方面能來訓練自我的表達能力與膽量, 另一方面也可藉由大家及老師的意見來修正其工作方向, 此一步驟也訓練了學生「表達」及「聆聽」的功夫。

(二) 生態工程之體認

自 Seifert 於 1938 年提出以近自然河溪治理的概念以來, 利用自然植栽、塊石重力等自然資材來防止溪水沖蝕與

保護溪流岸坡, 已成為現今發展生態工法的雛形。更於 1962 年後, Odum 將自我組織 (self-organizing) 能力之生態學概念運用於工程中, 首度提及「生態工程 (ecological engineering)」之名詞, 並指出生態工程是對自然界之管理, 藉以輔導傳統性工程方法, 並致力於人類對自然系統的協調合作理念, 於是將生態工程定義為「藉由人為外加能量以控制生態系, 並由自然能量持續推動的環境操作」[12]。1989 年 Mitsch 和 Jørgensen 更是正式探討生態工程, 並予以定義:「為符合人類與自然環境兩者利益的設計方式」; 進而於 1993 年由美國 NAS (National Academy of Sciences) 所主辦的生態工程研討會中, 將生態工程定義成:「使人類與自然環境共存共榮的永續系統設計」[12, 14]。另外, Mitsch [14] 也提到生態工程的目的, 為恢復遭受人為破壞的生態體系, 及具有人類與生態價值的永續性發展。換句話說, 此工程是為增加包括人類在內的生物與環境間的關係, 並約束強加於自然體系中各式各樣複雜而不穩定的設計。Jørgensen 與 Nielsen [13] 與 Jørgensen 與 Mitsch [12] 從生態學的觀點, 說明生態工程應具備的十二個設計原則:

1. 生態系自行支配其結構與功能。
2. 維持生態系內的生物功能及化學組成之均衡。
3. 以環境管理減輕污染對於生態系統的影響。
4. 生態系為自我設計的系統。
5. 考量生態系的循環具有特殊的時間及空間尺度。
6. 維持生態系化學及生物組成多樣化。
7. 維持生態交會區、過渡區的緩衝功能。
8. 結合生態技術的應用與環境管理。
9. 生態系為複雜的網絡關係。
10. 考量生態系的歷史演變。
11. 著重生態系邊緣的易破壞性。
12. 生態系是一個層級系統。

近年來台灣社會環保意識提高, 與「生態工程」有關的理念提出不少, 尤其常有將景觀設計、親水設施與生態工程

等混淆不清的情勢，以及常未能因應台灣山坡地野溪之特殊性。目前正值環保意識抬頭，人民對居住環境品質要求提高，逐漸重視生態環境保育觀念之際，如何改善原有之工程設計方式，以較符合安全、自然環境及生態之工法，於適地環境下逐步取代過去傳統混凝土構造方式對環境所造成之不協調或衝擊，是為生態工法之目的；而水土保持就是合理的使用土地並給與土地必要的處理，以達永續 (sustainable) 利用。傳統的水保工程容或有生態思維，然因其多著眼於短期功效或局部改善，在規劃設計過程中所較能深入思索的問題，往往偏重在如何以人工結構物在大地環境中塑造出特定型態的棲地、施作技巧的難易、材料的選擇及結構物的安全性等，並未充分體認工程結構物對棲地的改變，與生物群聚、施工範圍的生態負載量、及集水區整體運作有密不可分的關係。

二、課程安排與評估實習

(一) 課程內涵

『水』與『土』乃生物滋生及人類生存生活不可或缺之資源，用之得當則生生不息，用之不當則逐漸枯竭、洪水橫流，山崩土解嚴重影響國民生計及國家社會建設。而目前水土保持已發展成一包括森林、土木、大地工程及環境保育之綜合性科學，與生活環境資源保育、公害防治、人類文明及經濟發展息息相關。「水土保持」學科是土木職系（土木、水利、環工等科系）學生可以選（必）修的課程，本課程期望能提升學生對相關知識之學習興趣，進而培養從事水土保持之技術人才，改善人類生活環境，防止水土資源利用不當所造成之危害，配合政府政策，協助解決山坡地保育利用之技術問題，增進國民福祉，促進經濟發展。

大葉環工之教學內涵著重學生相關基本能力建立，並積極回應社會需求，及時調整課程內容。環工系實施「都市環境保護」、「工業污染防治」、「工業安全衛生」或「環境規劃管理」作為專業領域，而本課程（水土保持）屬於「都市環境保護」領域之基礎，為大學四年級之選修課程。該課程之規畫目標有四：

1. 引導學生對水土保持的定義及方法之瞭解；
2. 訓練學生熟悉水土保持相關之法規解釋；
3. 訓練學生如何執行適當的水土保持措施；
4. 建立學生對工程及工具有生態保育的考量。

依據大葉環工之「工程及科技教育認證」規劃 [1]，課

程目標與大葉環工教育核心能力之關聯性如表 1 所列，理解自然生態系統與人造環境系統的功能，發掘、思考及解決該領域問題的能力是要求學生所需具備的重要核心能力。但如何達成該核心能力？則有賴妥善及有創意的課程設計，有鑑於此，於本課程內建立「大葉校園水土保持設施生態化查驗之學生實習」機制是有其必要性的。在中華工程教育學會 (IET) 的認證規範 3 [2] 中強調教學成效之達成在於基礎知識之建立、分析與應用能力之訓練及專業倫理之養成，其層次架構如圖 1 所示 [8]，一般教學多著重於底層之基礎知識，或略加強分析與應用能力，甚少提及專業倫理。而本課程之設計涵蓋三層，其對應該規範之教學方式可達成度比較如表 2 所列，比對於傳統教學方式，運用實習概念之創意教學，其更深入之學習成效是可期待的。

表 1. 課程目標與大葉環工系教育核心能力之關聯性 [1]

●	1.運用數學、自然科學的知識於工程學的能力。
●	2.發掘、思考及解決下列領域問題的能力：都市環境保護、工業污染防治、環境規劃管理、工業安全衛生等。
○	3.設計與執行實驗，分析與解釋數據的能力。
◎	4.執行工程實務所需技術、技能及使用工具的能力。
●	5.理解自然生態系統與人造環境系統的功能，並具備設計環境工程系統、元件或程序，以符合社會需求的能力。
◎	6.認知專業證照的重要性及終生學習的必要性。
◎	7.瞭解專業及倫理的責任。
◎	8.具備當代環境課題的廣泛學識，俾瞭解工程技術對社會及全球的影響。
	9.具備在多元學科團隊中的工作能力。
	10.具備有效溝通的能力。

註：●高、◎中、○低、空白為無關聯

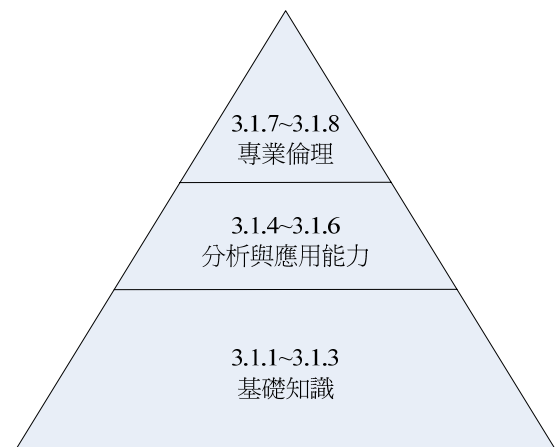


圖 1. 工程教育認證規範 3 之核心能力制定內涵層次 [8]

表 2. 傳統教學與創意教學對工程認證規範 3 之可達成度比較

認證規範 3 要求	傳統教學	達成度	創意教學(實習)	達成度
基礎知識之建立	課堂講授	●	課堂講授、演講、參訪	●
分析與應用能力之訓練	無	○	學生實習、講解報告	●
專業倫理之養成	課堂講授、案例說明	○	生態化查驗實務參與	◎

註：●高、◎中、○低

(二) 課程創意

專題式學習 (project-based learning, PBL) 是學生透過專題研究、作業、作品等產出過程, 自我主動規劃的一種學習方法, 從教師教學面向而言, 或可稱為專題式教學 (project-based teaching, PBT); PBL 可採多元評量, 譬如專題進行中可隨時使用觀察、日誌, 反思、非正式評量等, 進行一半時可用紙筆評論、成品評量等, 結尾時用展示、口頭簡報、口試、測驗等方式 [9]。PBL 也是「一種建構取向的學習方法, 提供學習者高複雜且真實性的專題計畫, 讓學生藉此找出主題、設計題目、規劃行動方案、收集資料、執行問題解決、建立決策行動、完成探究歷程, 並呈現作品的學習方式」[6]。而 PBL 是從杜威 (J. Dewey) [11]「由做中學」的觀念為出發, 其學習是圍繞在一個真實性、且能引發學生學習動機的「驅動問題 (driving question)」, 強調學習情境與真實世界相符合; 在學習的過程中, 學生需要與他人合作溝通, 並建構出自己的觀點; 在學習的最後學生需提出一個作品, 教師除了對學生學習過程進行評量外, 亦會針對此作品進行實作評量。PBL 學習也必須是一種情境的教學 (contextual instruction), 將重點放在學生尋找問題、組織問題及強調學生問題的解決或成果 (product) 的發展, 這過程通常會花很長的一段時間, 因為學生需要小組合作、規劃、組織、協調的技巧、及要產生出自己的看法, 最後要總結出一個結論展現出來, 但這些能力對一個學習者來說卻是非常重要的 [3]。

本課程於學習品質提升之創意在於:

1. 知識必須透過使用才能理解: 知識是情境的, 是要透過活動來發展的; 利用實習活動之主動參與, 印證課堂所學, 轉化成了活性知識而非惰性知識。
2. 學習強調真實的活動情境: 學生學到的是生活週遭環境的產物, 實際以校園內之設施為參考, 而非僅指教師引導教學下的課本知識, 其不應只侷限於抽象的概念或範

例, 應該暴露於真實活動中使用某個領域的知識工具。

3. 學習是從周邊參與漸至核心參與: 知識的習得應是一種由周邊參與漸進到核心學習的歷程, 起初並非直接參與特殊的活動, 而是從觀察地位的周邊學習到許多, 他們需要觀察其他實踐者或專家在不同程度上是如何行動及理解, 專家如何在對話及其他活動中的表現, 這種學習模式稱為「周邊參與」。當一個生手要變成專家時, 乃是從部分的參與漸漸到完全的參與, 在這過程中, 師傅或教練就必須適時引導、提供練習平台 (實習及團隊參與), 然後慢慢放手賦予徒弟更多的責任, 直到徒弟完全熟悉。學習必定透過群體的互動與對話: 在情境學習中, 不論是真實社群、或認知學徒制、周邊參與等的學習觀點, 都必須透過群體才可能實現。因為認知乃分佈在多人之間的, 也就是知識具有分散性, 其不可能是個體就可完成, 需經過互動及敘事表達的學習過程, 形成協商。故強調情境學習的同時, 亦應給予學生協作學習 (collective learning) 的機會, 並發展技巧。
4. 強調合作學習與社會互動 (social interaction) 的重要性: 互動未必僅是人與人之間的行為, 它也包括人與情境之間的互動, 特別是當期望學習者能成爲一個獨立自主的思考者及學習者時, 藉由情境賦予學習者自我管理學習的機會與經驗, 以造成學習者與情境間的有效互動。另外, 在接受、容忍個體間“不同的觀念”的角度上, 容許不同形式的證據及爭論存在, 使多元化的觀點可蓬勃發展; 而學習者透過這種合作的努力, 從與他人妥協的過程中, 學習到對方的異同觀點, 同時也因自己的參與及貢獻, 促使某一個觀念得到認同, 這也是社會互動的學習 [10]。

(三) 課程執行

本課程之上課方式: (1) 其中 12 周仍為傳統之課堂講授, 以理論基礎為主, 希望能建立學生清楚的基本概念; (2) 另外利用 3 周為學生之實習進度報告及教師講評; (3) 又安排 1 周為專題演講一次 (邀請專家分享經驗) 及戶外參訪一次 (水土保持教室) [7]。而實習流程之安排如圖 2 所示, 詳細說明如下:

1. 責任分組: 約 3~4 人為一組, 共區分為 8 組, 由授課教師指定各組之責任評估區 (以校園內外不同類型之水土保持工程或設施為準)。
2. 初評: 在上課之初, 假定學生對於水土保持及生態工程

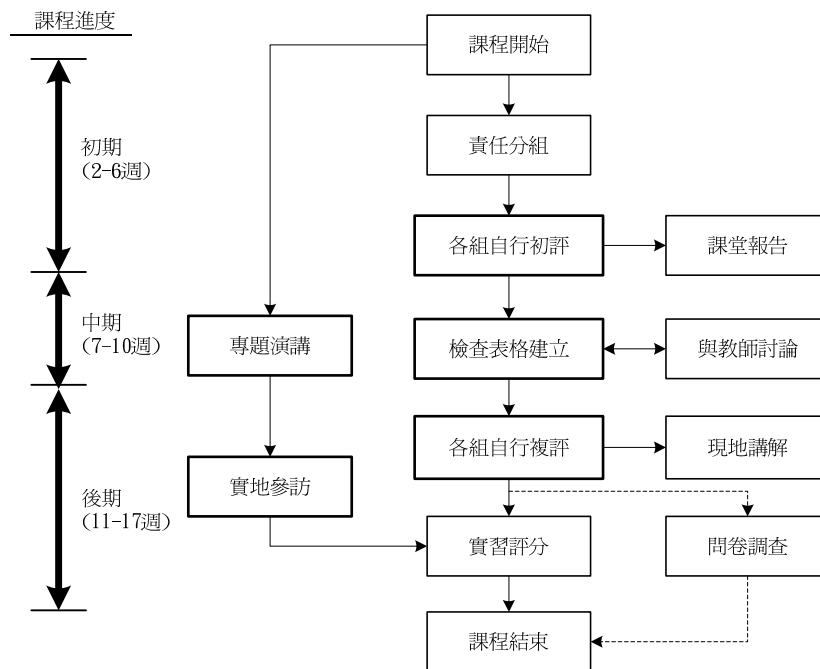


圖 2. 實習流程圖 [7]

仍是陌生；再由學生分組各針對其指定責任評估區進行初步勘驗，以記敘方式紀錄其直覺觀感及討論內容，並對該設施工程度量尺寸規模及照相存證。

3. 檢查表格建立：在上課中期，假定學生對於水土保持及生態工程已有初步了解；由教師提供相關制式化檢查表格為參考，再由學生分組各針對其指定責任評估區之設施工程特性予以討論及修改，修改以生態工程之達成程度為主，安全及功能性為輔，建立一份適合該類設施之檢查表格。
4. 複評：在上課後期，(假定學生對於水土保持及生態工程已有深層概念；由學生分組各針對其指定責任評估區之設施工程，以所建立之適合該類設施檢查表格進行再度勘驗及評分。此一成果將與初評比較，以了解學生經過課堂教導後之學習成效。
5. 現地講解：複評完成後由各學生分組在責任評估區之現地，向所有修課同學進行其評估診斷說明，並由所有同學發問及評估組回答，藉此讓學生練習發表技巧。
6. 實地參訪：實地參訪是直接到戶外體認或學習的一種教學活動，參觀者可以非常直接和實際的認識水土資源的珍貴，透過實地參訪使參觀者對自然環境之產生、鑑定與瞭解，這有助於參觀者瞭解破壞水土資源帶來的環境災害。參訪原則上以農委會水土保持局所設立之「水土

保持教室」為主，其目的是藉由實地參訪能夠了解水土保持所應用之概念、工法及設施，實地感受及體會工程與環境之結合。

7. 專題演講：邀請相關專業之專家學者分享經驗，人常言：「聽君一席話，勝讀十年書。」藉由他人之專業知識及豐富經驗面傳遞，更能對於工程實務有深刻之認識。
8. 評量：除傳統期中、期末考試及課後作業外，也藉由學生實習進行狀況及期末報告來評量成績。
9. 問卷調查：由期末問卷調查分析來蒐集學習者參與實習之感受及學習功效性之意見，可供作未來修改及加強之參考。

(四) 工程生態化之評估

本課程之目標 4 即是「建立學生對工程及工具有生態保育的考量如何更進一步將生態的理念」，因此對於工程生態的體認是達成此一目標的有效方法。在水土保持理念上，如何有效整合生態與工程的規劃、設計、施作、乃至後續監測維護過程，確實是推動「生態工程」的首要工作。水土保持災害防治須以護岸、防砂壩、潛壩、固床工等工程方法治理時，應儘可能以以下五化原則辦理，可有效減低工程行為對環境之衝擊，及減少對自然生態之破壞。生態工程規劃設計之五化原則為 [4]：

1. 表面孔隙化 (構造物表面能設計具有粗糙度及多孔性)；

2. 高壩低矮化（構造物階段化，下游側緩坡化）；
3. 坡度緩坡化（建構棲地廊道與遊憩景觀）；
4. 材料自然化（材料多樣化自然化）；
5. 界面透水化（構造物少用混凝土，促進水源涵養）。

近年來，生態工程雖備受各界重視，但生態工程及其周遭環境應具備哪些特徵，或者哪種工法才稱得上是生態工程？這些問題一直困擾著從事生態工程設計規劃的工程師們。因此要建立適當的評估模式，應以對自然環境特徵及其生態效益進行評估量化及對定性的自然生態指標進行定量的轉換與分析，以作為生態工程的規劃、設計及施工之準則。施作生態工程時，雖然應摒除早期大量採用混凝土建設而忽略自然環境生態之弊病，但也不意味生態工程放棄工程混凝土之需要，如何在結構體安全且顧及環境生態變化之情況下進行因地適宜的工程？生態工程在進行施作時應遵循下列原則 [5]：

1. 安全之考量：無論進行何種工程皆以安全為第一優先考量，當然生態工程也不例外。
2. 生態之考量：「五化原則」就是工程結構體規劃設計之初應考慮方向。
3. 環境之考量：在大自然裡，我們所認知的平衡是一種「動態平衡」，這是物質與環境間不斷的互相合作、競爭、妥協等而呈現出來的一種平衡。在設計規劃時更應將外物及人為之影響降至最低，並依據該區生態環境之特性規劃設計復育計畫讓大自然以自己的力量去維持生物及非生物之間的平衡。
4. 經濟之考量：針對施作工事地區之工程設施、環境生態進行一系列整體投資效益評估。如果從短期的經濟效益來看，傳統式工法其所需經濟成本或許小於生態工程。但現今施作之目的是以長期性生態經營理念為主，其所帶來的價值卻是傳統工法無可比擬的。而另一方面，未來之工程設施的長期維護管理也是考量重點之一。

三、學習成果展現

實習區域以利用校外周邊之五里坑溪之野溪整治工程及校內相關水土保持設施為對象，共選取 8 處供為實習場地，大致有野溪護岸、底床之治理等工程類型計 3 組（如圖 3 之照片為例），格框、箱籠、混凝土擋土牆及山坡之噴漿護坡等工程類型計 4 組（如圖 4 之照片為例），另有校內



圖 3. 野溪護岸、底床之治理工程照片



圖 4. 格框、箱籠擋土牆工程照片

周邊步道類型計 1 組。而三階段之生態化查驗專題之執行過程及成果說明如下 [7]：

1. 初評：利用課堂外時間，由學生分組各針對其指定責任評估區進行初步勘驗，初評完成後，利用課堂時間進行

陳宜清：以生態化查驗實習來強化水土保持教學的成效

口頭報告、提問及講評。初評工作內容大致為：

- (1) 在上課之初，假定學生對於水土保持及生態工程仍是陌生。
- (2) 由學生分組各針對其指定責任評估區進行初步勘驗，以日記方式紀錄其直覺觀感及討論內容，並對該設施工程度量尺寸規模及照相存證。
- (3) 初評表內容：工程設施名稱、位置、粗估尺寸規模（長、寬...）、設施功能、妥善狀況、相片、生態性之直覺觀感。
- (4) 生態性：以五化原則為思考，表面孔隙化（構造物表面能設計具有粗糙度及多孔性）；高壩低矮化（構造物階段化，下游側緩坡化）；坡度緩坡化（建構棲地廊道與遊憩景觀）；材料自然化（材料多樣化自然化）；界面透水化（構造物少用混凝土，促進水源涵養）。

初評的描述內容以第 1 組之野溪護岸、底床之治理等工程類型為例（參考圖 3 左照片），詳如表 3 所列，學生之評估雖未嚴謹，但可見相當用心觀察，並能依據五化原則來思考。

2. 檢查表格建立：表格建立工作內容大致為：

- (1) 在上課中期，假定學生對於水土保持及生態工程已有初步了解。
- (2) 由教師提供相關制式化檢查表格為參考，再由學生分組各針對其指定責任評估區之設施工程特性予

表 3. 初評紀錄摘要 [7]

組別	初評紀錄
第 1 組	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河堤兩岸由兩種不同的工法進行設計與興建。 2. 右岸為格狀水泥砌成孔隙斜坡狀，在第一層時用石塊填滿孔隙，應是為防水流沖刷掉砂石，上層則是用砂包填滿，以利生物生長，降低對生態的危害。 3. 下方格狀水泥中孔隙的粗糙度大也具有多孔性，因為都是利用較大的石塊而使孔隙增大。 4. 左岸為水泥磚建構而成，以階梯狀排列，開頭約有 5 公尺左右的河堤堆砌了 6 層，再降為四層，一直綿延下去，呈現有階段性與下游緩坡化。 5. 水泥磚為中空，填滿土壤以利生物生長，且水泥磚還有設計卡準，使水泥磚固定不易滑動。 6. 階梯式石磚看似層層堆砌，實則個個相扣。 7. 表面具有孔洞，可以排除下雨天累積過多的水量在土壤中，以避免其中間屯的草被雨水淹死，因此這種水土保持工法較利於植物永續生長。

以討論及修改。

- (3) 修改以生態工程之達到程度為主，安全及功能性為輔，建立一份適合該類設施之檢查表格。

為讓這些未曾接觸過評估作業的修課學生有所依據，教師先講解及提供一系列之統一格式表格範例並說明之，使各組針對其責任評估區特性來修改時有所依據，也利於各組間之討論及溝通。相關表格如表 4 及 5 之範例所列，表 4 為設定評估指標及內涵參數之評分標準，主指標固定為安全、生態、環境及經濟等項，至於各指標下之參數及評分標準則由各組依據其指定設施之特性來自行訂立。表 5 範例則為評估指標及參數重要度之設定，學生依據上課所學及其認知狀況，針對主指標及其訂立各內涵參數予以評價其在生態工程範疇內的相對重要度，以量化指數（10 分級）來訂立該指標或參數之權重，每個學生都必須參與評價並給分，權重為各學生評價之平均。

表 4. 評估指標及內涵參數之評分標準之設定（範例）

指標	分項	參數名稱	評分標準
安全	A	△△△△	△△
	B

生態	E	OOOO	OO
	F

環境	J	XXXX	XX

經濟	P	◎◎◎	◎◎

註：△ O X ◎等符號為相關文字之代表。

表 5. 評估指標及參數重要度之設定（範例）

指標	甲	乙	丙	丁	總合	加權
安全	7	8	8	9	32	0.305
生態	8	6	7	8	29	0.276
環境	5	6	6	7	24	0.229
經濟	4	6	5	5	20	0.190
					105	1.000

（安全指標）

分項	參數名稱	甲	乙	丙	丁	總合	加權
A	△△△	7	8	8	9	32	0.267
B	○○○	8	6	7	8	29	0.242
C	ΦΦΦ	8	7	8	8	31	0.258
D	ΩΩΩ	7	7	7	7	28	0.233
						120	1.000

註：很不重要=1分~很重要=10分

在教師詳細講解及學生公開發表結果與全班學生互動討論下，各分組學生逐漸發展出其特有的指標及分項參數表（表 6 為第 1 組之成果展現），並詳細列出評分標準；另外，表 7 為第 1 組學生評定之評估主指標及其相關參數之重要度權重之成果展現，雖各學生之間可能觀點互異，初期權重評

分可能差異相當大，但教師要求再進一步討論來尋求共識，使權重評價趨於收斂。此一表格建立及權重評價之結果比較於初評結論，整個建立過程經過討論、更嚴謹及考量周詳，顯見學生在學習上的進步。

表 6. 學生設計之評估指標及內涵參數之評分標準（第 1 組為例）[7]

評估指標	分項	參數項目	評分定義
安全指標	A	栽植槽型護岸損壞程度	結構裂縫超過一個拳頭以上或明顯可看見土層有滑動的痕跡，則列為嚴重(1~2 分)；結構裂縫大約在兩、三手指寬或土層鬆軟，則列為中等(5~6 分)；結構或土層無任何裂縫，則列為優良(9~10 分)
	B	固定框型護岸損壞程度	框內的網有裂縫且中間之土石有欠缺，明顯可看見土層有滑動的痕跡，則列為嚴重(1~2 分)；框內的網有裂縫或土層鬆軟，則列為中等(5~6 分)；框內結構完整或土層無任何裂縫，則列為優良(9~10 分)
	C	固床工損壞程度	底床結構裂縫超過一個拳頭以上或明顯可看出底床崩塌，則列為嚴重(1~2 分)；整體結構裂縫大約在兩、三手指寬，則列為中等(5~6 分)；底床完整無任何裂縫，則列為優良(9~10 分)
	D	護岸坡趾損壞程度	裂縫超過一個拳頭以上，則列為嚴重(1~2 分)；裂縫大約在兩、三手指寬，則列為中等(5~6 分)；完整無任何裂縫，則列為優良(9~10 分)
生態指標	E	栽植槽型護岸植物生長程度	槽內無植物生長且無法排水，則列為嚴重(1~2 分)；槽內僅生長五至十株左右，則列為中等(5~6 分)；槽內生長茂密大約十株以上，則列為優良(9~10 分)
	F	固定框型護岸植物生長程度	框內無植物生長，則列為嚴重(1~2 分)；框內僅生長五至十株左右，則列為中等(5~6 分)；框內生長茂密大約十株以上，則列為優良(9~10 分)
	G	適宜生物多樣性	無任何動植物存在，則列為嚴重(1~2 分)；有動植物存在且數量不多，則列為中等(5~6 分)；有植物生長茂密且動物有五至六隻以上，則列為優良(9~10 分)
	H	護岸多孔隙結構	護岸結構不具有多孔隙性，則列為嚴重(1~2 分)；僅只有少數孔隙，則列為中等(5~6 分)；具有多孔隙性，則列為優良(9~10 分)
	I	水源涵養	無此結構設計，則列為嚴重(1~2 分)；具有此結構，但無法達到其效果，則列為中等(5~6 分)；具有此結構且可達到其效果，則列為優良(9~10 分)
	J	植生歧異度	無任何動植物存在，則列為嚴重(1~2 分)；具有四至五種動植物存在，則列為中等(5~6 分)；有多種且無法計算之動植物存在，則列為優良(9~10 分)
	K	資材屬性	結構全為混凝土設計，則列為嚴重(1~2 分)；結構中百分之五十為混凝土，則列為中等(5~6 分)；結構全為天然資材，則列為優良(9~10 分)
環境指標	L	環境景觀協調度	與周圍環境完全不一致，則列為嚴重(1~2 分)；僅有百分之五十與周圍相似，則列為中等(5~6 分)；與周圍環境完全相似，則列為優良(9~10 分)
	M	邊坡抗沖刷能力	無法抵抗其沖刷，則列為嚴重(1~2 分)；可抵抗沖刷但無法抵抗大量洪水的沖刷，則列為中等(5~6 分)；可完全抵抗，則列為優良(9~10 分)
	N	底床抗沖刷能力	無法抵抗其沖刷，則列為嚴重(1~2 分)；可抵抗沖刷但無法抵抗大量洪水的沖刷，則列為中等(5~6 分)；可完全抵抗，則列為優良(9~10 分)
	O	親水性	無任何此結構，則列為不符合(1~2 分)；具有此結構物但無法戲水，則列為中等(5~6 分)；可方便居民至河邊嬉戲，則列為優良(9~10 分)
	P	工程緩坡化	無緩坡化的設計，則列為嚴重(1~2 分)；僅略有緩坡化設計，則列為中等(5~6 分)；有明顯的緩坡化設計，則列為優良(9~10 分)
經濟指標	Q	河床淤積程度	有大量沉積物且使水無法流動，則列為嚴重(1~2 分)；有沉積物且水可順利流通，則列為中等(5~6 分)；無任何沉積物阻礙，則列為優良(9~10 分)
	R	維護管理難易度	護岸及固床工設計不良，易受土石沖刷，則列為嚴重(1~2 分)；設計良好但需要藉由機器清除沉積物，則列為中等(5~6 分)；人為即可清除沉積物，則列為優良(9~10 分)
	S	材料費用	大多為混凝土建材，費用較高，則列為嚴重(1~2 分)；一半為混泥土建材，一半為自然構材，則列為中等(5~6 分)；大多為自然構材，則列為優良(9~10 分)
	T	營建廢棄物	產生大量廢土，導致需依賴機器清除廢土，則列為嚴重(1~2 分)；有大量廢土且人為即可清除，則列為中等(5~6 分)；無大量廢土堆積，則列為優良(9~10 分)

陳宜清：以生態化查驗實習來強化水土保持教學的成效

表 7. 學生評定之評估主指標及其相關參數之重要度權重（第 1 組為例）[7]

※主指標之權重評分

評估主題	評估指標	學生 A	學生 B	學生 C	學生 D	總和	加權
聯外道路護岸、底床生態工法評估	安全指標	10	9	8	9	36	0.30
	生態指標	8	7	7	8	30	0.25
	環境指標	8	8	9	6	31	0.26
	經濟指標	6	5	6	6	23	0.19
		32	29	30	29	120	1.00

※各相關參數之權重評分

評估主題	評估指標	參數項目	學生 A	學生 B	學生 C	學生 D	總和	指標內之相對權重	
聯外道路護岸、底床生態工法評估	安全指標	栽植槽型護岸損壞程度	9	9	9	9	36	0.25	
		固定框型護岸損壞程度	10	9	9	9	37	0.26	
		固定河床法損壞程度	7	10	8	8	33	0.23	
		護岸坡趾損壞程度	8	10	9	10	37	0.26	
							143	1.00	
	生態指標	生態	栽植槽型植物生長程度	9	7	8	7	31	0.15
			固定框型植物生長程度	10	8	7	8	33	0.16
			適宜生物多樣性	6	6	6	8	26	0.13
			護岸多孔隙結構	7	7	8	7	29	0.14
			水源涵養	8	7	8	8	31	0.15
			植生歧異度	7	6	7	8	28	0.14
			資材屬性	8	4	6	7	25	0.13
							203	1.00	
	環境指標	環境	環境景觀協調度	6	5	5	5	21	0.16
			邊坡抗沖刷能力	10	7	9	8	34	0.26
			底床抗沖刷能力	7	8	8	7	30	0.23
			親水性	4	3	4	4	15	0.12
			工程緩坡化	7	8	8	7	30	0.23
							130	1.00	
	經濟指標	經濟	河床淤積程度	6	6	7	7	26	0.30
			維護管理難易度	5	6	5	6	22	0.26
			材料費用	4	4	4	4	16	0.18
			營建廢棄物	6	5	5	6	22	0.26
							86	1.00	

註：很重要=9~10分；重要=7~8分；普通=5~6分；略不重要=3~4分；很不重要=1~2分

3. 複評：

- (1) 在上課後期，假定學生對於水土保持及生態工程已有深層概念。
- (2) 由學生分組各針對其指定責任評估區之設施工程，以所建立之適合該類設施檢查表格進行再度勘驗及評分。
- (3) 此一成果將與初評比較，以了解學生經過課堂教導

後之學習成效。

- (4) 複評完成後由各學生分組在責任評估區之現地講解，向所有修課同學進行其評估診斷說明，並由所有同學發問及評估組回答，藉此讓學生練習發表技巧。

在更有系統及更量化之準則下，各組複評檢查表格將更具有權威性及代表性。各組利用課堂外時間所完成之複評

檢查表格(如表 8 之第 1 組成果所列),同時也利用課堂時間召集所有同學至各責任區域,由各分組進行現地講解(如圖 5 之照片),訓練學生自我的表達能力與膽量。生態化查驗實習之過程至此結束,成果之展現可看出學生明顯的進步歷程,所有紀錄皆要求學生建立檔案,以供保存及參考。其它指標依此類推。

四、創意學習成效問卷評量及分析

(一) 問卷執行

在學習過程中,「教」與「學」其實是一種反饋(feed-back)的機制,即所謂的「教學相長」,教師也希望能在教學的執行過程中段就能了解學生的學習狀態,有問題就及時改正,

不必等到期末再調查就只能供做未來改進的參考了,因此在學期中即設計一份問卷。為提昇教學卓越,我們確信「溝通」是學習成功的條件,教師也必須敞開心懷接納學生的建言,了解學生學習困難之所在。

問卷內容包括五大單元 [7]:

1. 第一單元(A 教學反應)－關於老師:主要是學生評估對老師的教學滿意度,包括:教學準備、講授技巧、教學態度、專業知識等;
2. 第二單元(B 實習反應)－關於「水土保持設施生態化查驗»:主要是學生評估對該課程實習的滿意度,包括:實習安排、操作過程、互動討論、興趣提昇等;
3. 第三單元(C 課程相關活動反應)－主要是學生評估對

表 8. 生態化查驗複評表(第 1 組為例) [7]

指標	分項	參數名稱	評分					指標得分	總得分
			學生 A	學生 B	學生 C	學生 D	平均		
安全 (0.30)	A	栽植槽型護岸損壞程度(0.25)	8	8	7	8	8	2.00	0.600
	B	固定框型護岸損壞程度(0.26)	9	8	9	8	8	2.08	0.624
	C	固定河床法損壞程度(0.23)	9	8	7	8	8	1.84	0.522
	D	護岸坡趾損壞程度(0.26)	9	8	7	8	8	2.08	0.624
								8.00	
生態 (0.25)	E	栽植槽型植物生長程度(0.15)	8	9	8	8	8	1.20	0.300
	F	固定框型植物生長程度(0.16)	8	9	9	7	8	1.28	0.320
	G	適宜生物多樣性(0.13)	9	7	7	8	8	1.04	0.260
	H	護岸多孔隙結構(0.14)	6	6	7	6	6	0.84	0.210
	I	水源涵養(0.15)	9	7	8	8	8	1.20	0.300
	J	植生歧異度(0.14)	6	5	6	6	6	0.84	0.210
	K	資材屬性(0.13)	5	6	7	6	6	0.78	0.195
								9.22	
環境 (0.26)	L	環境景觀協調度(0.16)	8	6	7	6	7	1.12	0.291
	M	邊坡抗沖刷能力(0.26)	9	7	8	7	8	2.08	0.541
	N	底床抗沖刷能力(0.23)	7	6	6	7	7	1.61	0.419
	O	親水性(0.12)	6	7	6	6	6	0.72	0.187
	P	工程緩坡化(0.23)	8	9	8	8	8	1.84	0.478
								7.37	
經濟 (0.19)	Q	河床淤積程度(0.30)	8	8	7	7	8	2.4	0.456
	R	維護管理難易度(0.26)	7	8	7	9	8	2.08	0.395
	S	材料費用(0.18)	6	6	7	6	6	1.08	0.205
	T	營建廢棄物(0.26)	9	9	8	8	9	2.34	0.445
								7.90	
總分									7.612

註:分級評估:合格(6分以上)/不合格(6分以下)及佳(8分以上)/普通(4~8分)/差(4分以下),本區總分為 7.612「合格」且為「普通」偏「佳」之程度,其中以生態指標最高。



圖 5. 各分組進行現地講解

包括：測驗、作業、演講及參訪反應等的滿意度；

4. 第四單元 (D 學生背景) – 關於自己：主要是學生的自我反省，包括：到課情形、學習態度、時間運用、與老師的溝通等；
5. 第五單元 我有話對老師說 (E 出自內心的建議或感言)：由學生自由發揮，談談內心話。

該問卷於學期中之第 15 周發放填答，獲得 23 份有效問卷 (有效問卷：指學生對所有題目均已完整回答者，且勾選並未集中於五點量表之某點)，佔全部修課人數 30 人之 76.7%，應頗具代表性，事後並立即做成分析結果如後之敘述。

(二) 問卷分析

問卷勾選採李克特五點量表 (Likert's five-point scale) 設計，根據受試者的實際知覺與感受之符合程度填答，勾選出符合程度選項，分別由「很同意」、「同意」、「普通」、「不同意」至「很不同意」，計分方式分別給予 5 至 1 分，分數愈高表示項目符合程度越高，由此來探究受測者個別化的反應意涵。

針對第二單元 (關於「水土保持設施生態化查驗」實習反應) 來探討：滿意度分布如圖 6 [7] 所示，滿意狀況也都在「同意」(4 分) 上下，介於 3.8~4.4 分，但對於 (B2：老

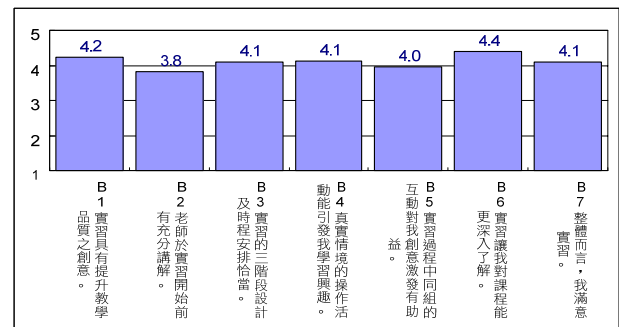


圖 6. 生態化查驗實習反應之各問題回答滿意狀況直條圖

師於實習開始前有充份講解) 及 (B5：實習過程中同組的互動對我創意激發有助益) 等 2 個問題滿意度較差，約在 4 分以下，是值得教師檢討改進的。另外，針對第二單元之滿意度分配比例分析，全數在「普通」之上。在「實習具有提升教學品質之創意」方面是獲得全數同意的且更有 78.3% 很同意 (如圖 7a)，顯見學生對該創意的認同；在「真實情境的操作活動能引發我學習興趣」方面是 87% 同意的且有 60.9% 很同意 (如圖 7b)，學生對真實情境的操作活動大致都能接受；在「實習過程中同組的互動對我創意激發有助益」方面是 73.9% 同意的且有 52.2% 很同意 (如圖 7c)，學生其實還是習慣傳統式教授而對互動仍需適應；在「整體而言，我滿意實習」方面是獲得 95.7% 同意的且更有 82.6% 很同意 (如圖 7d)，顯見多數學生對該實習活動是認同的 [7]。

在其它單元之反應方面，也顯示多數學生本課程對環境保護可應用程度高；多數學生對於本課程學習態度頗佳；且多數人也認為本課程無學習困難；且全部學生未來都會介紹其學弟妹來選修這門課。

五、結論

「水土保持」課程於 96 年度之改進教學計畫重點，在於執行了「大葉校園水土保持設施生態化查驗之學生實習」，在一套按部就班及有系統的教學實習下，對所有修課同學能有莫大助益，學生能將上課所學及實務工程相結合印證，更能加深記憶，確切了解水土保持及生態工程相關問題。經比較傳統教學與創意實習教學之方法與成效，卻實有其差異性，如表 9 所列；然而，本課程之實習與傳統教學並進，也相對壓縮各自可運用時間，但目前仍將重點放於傳統教學，實習部份只能要求學生利用課餘進行，而且實習範圍及項目也受限。解決之道是將課程與實習分為兩門課，但在

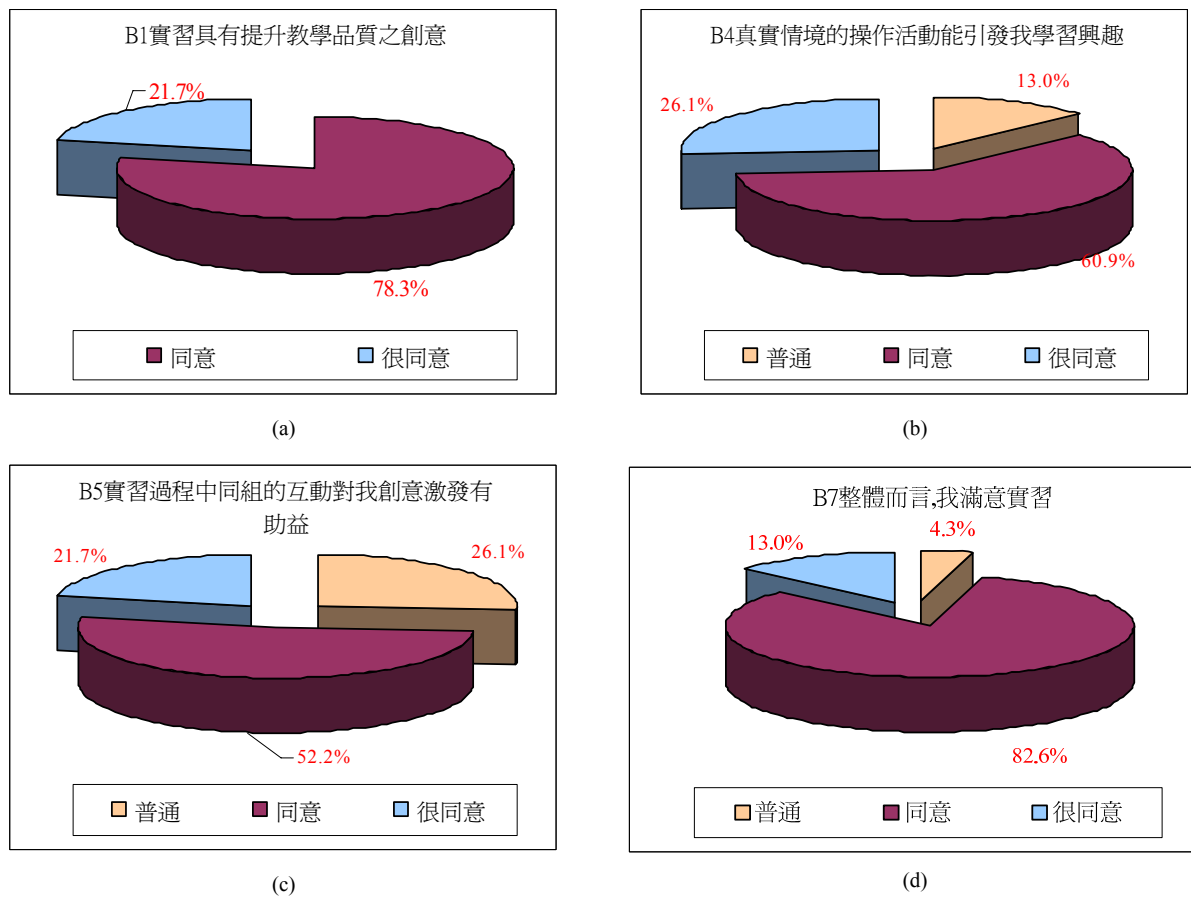


圖 7. 實習反應—關於「水土保持設施生態化查驗」滿意度分配比例圖 [7]

環工系之「水土保持」並非主流課程，另開實習課並不容易。

綜觀本學期各項成果，教師自評已可達到課程預估之教學成效，而學生之學習成效也可明顯見到提升，多數人都獲得許多感觸及收穫，例如：

表 9. 傳統教學與創意實習教學之方法與成效比較

	教學方法	教學成效
傳統教學	課堂講授、案例說明、作業、演講、參訪	1. 著重基礎知識之建立 2. 配合靜態之案例說明、演講等加深印象 3. 辦理參訪，加強對現地工程之感受
創意教學 (實習)	學生實習 (生態化查驗實務參與)、講解報告	1. 由做中學，達成「手到」，更能加深感受 2. 加強分析與應用能力之訓練 3. 訓練互動及自我表達，建立學生之自信心

- 經過適當的引導，學生可以按部就班地順利完成一項完整的工作，這樣的學習是遠超過課堂講授所能傳達的，也正是貫徹「由做中學」(learning by doing)的教育理念。
- 藉由分組之分工合作，學生展現了團隊精神，互相提出意見及互相討論，共同去創作出一個自認為滿意的作品及結果，雖然還不很成熟，但他們將難以忘懷。
- 在分段之實習過程，要求各組對於其目前成果進行口頭的報告與介紹，一方面能來訓練自我的表達能力與膽量，另一方面也可藉由大家及老師的意見來修正其工作方向。此一步驟訓練學生「表達」及「聆聽」的功夫，未來對於其職場工作有莫大助益。
- 藉由的現場解說，各組能互相分享評估經驗，也可以藉此了解不同的生態工法，也讓學生了解到校園之綠化優美及學校周遭環境之生態性。

而本計畫執行對教師及學生所發揮之效益有：

- 建立「水土保持」課程相關之生態化查驗之學生實習程序一套，引導學生在這種以自發性的興趣為導向以及自

- 動的問題解決探究過程中，逐漸累積其相關主題的知識與週遭生活問題的解決能力。
2. 利用既有校園設施來加強教學資源，改善教學環境，讓學生實際接觸周遭環境之實體，對於自己校園能更有歸屬感；藉由查驗評價之工具演練，也能讓學生有課程領域外之學習，可促進教師教學專業成長及學生學習效益。
 3. 藉由問卷分析修習「水土保持」學生之興趣所在，及發掘學習困難上之癥結問題，提供老師加強說明之參考，達成持續改善之機制。
 4. 詳加記錄此課程設計、實施方式、成果及瓶頸，藉由區域教學資源之平台來提供教學改進之參考。

誌 謝

本文為教育部中區區域教學資源中心計畫經費補助下的大葉大學 96 年度教學型專案計畫之部份成果，筆者在此感謝教育部及大葉大學之支持。

參考文獻

1. 大葉大學環境工程學系（民 95），九十五年度工程及科技教育認證自我評鑑報告書，大葉大學，彰化。（內部文件，未出版）
2. 中華工程教育學會認證委員會（民 95），工程及科技教育認證規範（AC2004+），中華工程教育學會，台北。
3. 林美純（民 95），專題教學模式，彰化師範大學商業教育學系網路教學課程。2008 年 3 月 28 日，取自 http://dlearn.ncue.edu.tw/1000110116/2004_LearningTechCongnition/new_page_23.htm
4. 吳輝龍（民 91），水土保持之自然生態工法，自然生態工法實務研討會論文集，中興大學，台中。
5. 洪嘉均、連惠邦、林裕益（民 95），道路邊坡生態工程評估模式及應用，2006 生態工程博覽會（南投溪頭場）研討會論文集，行政院公共工程委員會，台北。
6. 徐新逸（民 90），如何利用網路幫助孩子成為研究高手？網路專題式學習與教學創新，台灣教育，607，25-34。
7. 陳宜清（民 97），大葉校園水土保持設施生態化查驗之學生實習，96 年度大葉大學教學型專案結案報告，大葉大學，彰化。（未出版）
8. 楊永斌、葛家豪、張佩芬、劉曼君（民 94），我國工程教育認證制度現況及其未來發展，國家菁英季刊，1(3)，111-126。
9. 鄒慧英（民 90），課程、教學、評量三位一體的專題學習，台南師院學報，34，155-194。
10. Bedner, A. K., D. Cunningham, T. M. Duffy and J. D. Perry (1992) Theory into practice: How do we link? In *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*, 17-34. T. M. Duffy and D. H. Jonassen Eds., Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
11. Dewey, J. (1938) *Experience and Education*, Collier Books, New York, NY.
12. Jørgensen, S. E. and W. J. Mitsch (2000) Ecological Engineering. In *Handbook of Ecosystem Theories and management*. S. E. Jørgensen and F. Muller Eds. Lewis Publisher, Boca Raton, FL.
13. Jørgensen, S. E. and S. N. Nielsen (1996) Application of ecological engineering principles in agriculture. *Ecological Engineering*, 7, 373-381.
14. Mitsch, W. J. (1996) Ecological engineering: A new paradigm for engineers and ecologists. In: *Engineering within Ecologists Constraints*. P. C. Schulze, Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
15. Mitsch, W. J. (1998) Ecological engineering- the seven-year itch. *Ecological Engineering*, 10, 119-138.

收件：97.08.24 修正：97.09.19 接受：97.10.22