

社會科學議題導入教學對大學生學習成效之影響

邱瑞宇¹

摘要

微生物牽涉整個生態能量流動和物質循環，在環工領域極為重要，但環工系學生對環境微生物學的學習態度及表現仍有進步空間，且對環境關心度及行動力不足。本研究以涵蓋環境微生物核心知識的墾丁萬里桐為教學場域，並將社會性科學議題「悠活處理過及萬里桐社區未處理的生活污水排放對海洋環境的影響」融入教學，對環工系 96 位大學生進行異質分組合作教學。除知識建構、實地污水處理廠參訪、珊瑚礁岸生態觀察及海洋環境健康監測實作，課堂上以改良式團隊導向學習法強化學習內容，以紙筆測驗、報告及環保態度問卷做量化和質化多元評量。量化學習成效以成對樣本 T 檢定以及單因子變異數分析，發現學習成效顯著優於傳統教學，且拉近背景程度上分歧，但高層次的思考力差異仍存在。而質性學習成效方面，本研究建立評量尺規了解學生社會科學議題推理能力，結果呈現學生在「理解」及「創新」分數較高，「評估」分數較低，表示以科學數據專業推理及論述衝突性環境議題的科學本質素養能力仍要加強。此外，學生在環境態度量表上的得分明顯提升。本研究嘗試實務領導理論教學模式，發展跨領域在地社會性科學議題介入教學教案，並建立推理能力評量尺規，提供環工教學方向參考。

關鍵詞：社會科學議題教與學、核心知識、推理能力、環境態度

¹ 國立屏東科技大學環境工程與科學系副教授
通訊作者：邱瑞宇，E-mail: rychiou@mail.npust.edu.tw
收稿日期：2020/04/01；接受刊登日期：2020/09/17
DOI:10.6618/HSSRP.202009_14(3).4

壹、前言

一、研究動機

環境微生物學（必修）及環境微生物學實驗（選修）是環工系大一生共四學分的專業課程，微生物雖小，但是小兵立大功，牽涉到整個生態的能量流動和物質循環，是環境自淨的功臣，在環工領域極為重要，不論處理空氣、水、或土壤的汙染或廢棄物處理都需要微生物，範疇涵蓋監測、檢測、汙染物去除及生物復育等等，都需要建構學生微生物的知識、形成微生物運作的邏輯概念、擁有微生物的科學方法，才能解決相關微生物可運作的環境問題，但在教學上面臨許多困境。

首先面臨的就是教師教不完的困境。環工系學生要處理環境問題，環境問題非常複雜且跨領域，需要修的科目非常多，近年來，教育部推動大學部畢業學分縮減情況下，沒有排入基礎微生物學就直接教授進階的環境微生物學，由基礎細菌構造要講到到分子生物學，還須帶入汙水處理等環工實務，教材內容深淺及廣度不易掌握，常常趕課又教不完，學生成績也不甚好。而學生方面，學生來源多樣化，背景差異大亦是教學困境之一。環工因為沒有相對應高職端科別，因此環工系生源多樣化，涵蓋了化工、衛護、農業以及工管，背景、基礎及程度差異大，之前的研究發現高中職沒有修過生物學或化學的工管背景學生佔最多（55%），然而這群學生對於環工要修習的數、物、化等理工課程呈現相對弱勢，次多的為化工類群佔 20%，雖只修過化學但是學習接受度高（邱瑞宇、舒緒瑋、邱春惠，2018），因此造成教師在教學內容選擇及講課深淺及進度安排上的困難。此外，學生被動的學習態度亦是亟欲改善的一環。先前研究顯示學生學習動機低落，是大學生普遍性的問題，大一學生僅認為環境微生物是一門考試的科目，高普考的專業科目；並沒有好奇心也沒有學習熱誠。受到 3C 產品的誘惑，滑手機是學生上課很嚴重的現象之一，因此學習成績普遍不好，考試問答題都當作填空題寫，缺乏論述能力（邱瑞宇、舒緒瑋、周映孜、邱春惠、吳羽婷、林聖淇，2017）。

另外，社會上環保議題抗爭不斷上演，環工學生面對環境衝突要如何站在專業角度看事件？在大學教育當中，只著重學科教學的結果，學生不知為何而學，只知道要應付考試，因此易造成學生擁有環工背景知識卻對環境冷漠。當遇到環保衝突性議題時，環工系學生應該要以工程技術等專業來解決環境問題，但是環境的問題經常是矛盾衝突的，一方面要開發，另一方面卻要保育；而且問題牽涉論證辯證及做決定取捨的過程，這種綜合跨域的思辯過程，學校並沒有教，如何站在專業的角度看待環保抗爭事件？這些沒有答案的問題很少出現在課室教學中，但卻是比背誦標準答案更重要的跨域能力。

傳統教學總是老師課堂教，學生記憶背誦應付紙筆考試，考完等待老師解答，過一陣子記憶退去，學習回歸零；課堂上主角是老師，學習也只是老師的事。隨著時代的演進，老師的角色不再是知識的傳遞者，那麼老師在課堂要扮演甚麼角

色呢？2001 年諾貝爾得獎者卡爾·威曼（Carl Weiman）主張老師要像一位「認知教練」（Cognitive Coach），知道怎麼可以造就出傑出運動員，要安排甚麼練習（不是學習）（Berrett, 2012）。老師要能夠鼓舞學生，使學生能主動積極學習，擁有學習的能力，不是擁有多少知識，而是知道如何運用知識。因此本研究捨棄傳統教學模式，跳脫純理論的課堂教學，選擇一個涵蓋統合專業知識、應用且實務的「萬里桐」為教學場域，由帶學生參訪、觀察、採樣、監測學習環工實務面再回到教室學習理論基礎，依此選擇教材，不再整本教科書教，而是可聚焦教學場域相關內容並因連結生活與實務，增進學習動機提高學習興趣。同時，以爭議性議題作為實務領導理論教學的素材。為了深化學生對在地環境的關懷，並擁有以專業知識角度分析評論環保衝突事件的論述能力，導入社會科學議題為中心的教與學（Social Scientific Issue Teaching and Learning; SSI-TL）（Zeidler, Herman, & Sadler, 2019）。本研究的教學場域--萬里桐是悠活度假村所在地，亦是屏東多年的環保爭議現場。以「悠活處理過及萬里桐社區未處理的生活汙水排放對海洋環境的影響」成為 SSI 教學議題，除了教學場域的參訪及調查讓學生學用合一，現學現用，精進科學知識的學習以外，由學生調查得到數據並蒐集相關資料以後，討論辯證提出他們的看法以及解決策略，做成報告。讓學習成為實際應用的連結，脫離背誦知識填寫標準答案的方式，替代以開放性沒有標準答案的高層次思考學習、多元能力培養為主。這也是在台灣的教學上一向缺乏，卻對環工系學生很重要的訓練。這樣的學習方式反映真實世界概況，串接環工學生與生活世界的道路，並且牽涉社會抗爭事件，藉以教導學生學習如何對抗爭事件背後各種環境微生物因子理論的探討，進行多方因素評判後，做出最合理的判斷，並擁有正向的環境素養。

二、研究目的及研究問題

本研究期望透過 SSI 討論及萬里桐實際教學場域的教學設計，達到以下四個目的：

（一）透過情境學習習得核心知識

本研究選擇能培養核心知識能力的教材，以社會科學議題「悠活處理過的排放廢水及萬里桐社區未處理的生活汙水排放對海洋環境的影響」為中心，引出相關環微知識的教導，讓學生的學習能與生活及在地社區連結，活用實用又能馬上用，因此牽引連結能提高學習興趣，厚實學科基礎知識以外，增進科學本質素養。

（二）消弭學生背景來源不同造成的差異

根據邱瑞宇等人（2017；2018），環工學生來源依統測考試分為化工、衛護、農業以及工管四類群，其學習成績有顯著差異，因此藉由精簡選擇核心教材並以 SSI 導入教學方法，輔以異質分組合作學習，希望能消弭入學背景導致的成績差異。

（三）培養社會科學議題推理（Social Scientific Issue Reasoning; SSR）能力

配合社會議題相關場域進行參訪、觀察、採樣及監測，讓實務與理論結合教學，學生依查找資料，監測所得實驗數據撰寫報告，寫出對衝突性社會議題了解、

分析、觀點與建議，培養包括查找、解讀、評鑑資料、證據能力；以海報或口頭形式發表，讓學生對社會科學議題有經驗，培養學生能瞭解社會科學議題的複雜性，能以科學數據及觀察做多面向的分析判讀，及能提出創新建議觀點，培養表達、溝通、論述、推理、論證、批判、做決定等能力，讓學生能有深一層涵蓋了社會學和自然科學的思考能力，對於知識不再僅限於理解、記憶的層次；總合是培養帶著走的思考推理核心能力。

（四）對環保議題有觀點養成正向環境態度

墾丁萬里桐現場的參訪、觀察、採樣、監測及教學，增進學生對社區及海洋環境相關微生物的認知，激發對在地社區環境保護的熱情，產生責任感，進而引發學生對環保議題能依科學數據有觀點、做論述、評鑑和決定站在哪一方的能力，培養正向環境態度，擁有專業知識又積極的環保行為。

是以，擬訂研究問題如下述：

- （一）SSI 教學介入後，學生的核心知識改變情形為何？
- （二）SSI 教學介入後，是否能消弭背景來源不同所造成的學習差異？
- （三）SSI 教學介入後，學生的推理能力改變情形為何？
- （四）SSI 教學介入後，學生的環境態度改變情形為何？

三、文獻探討

（一）環境工程教育的核心素養

該怎麼定義環工人：美國環境工程師學院（The American Academy of Environmental Engineers, AAEE）定義環境工程為：應用工程原理管理環境，以保護人類健康、自然良好生態系統、以及促進人類生活品質的環境（Bishop, 2000）。簡單的說就是解決環境問題，但是隨著環境問題日益嚴重、公眾環境意識增加，環境工程領域持續、動態的發展著，在所有工程領域中，應該算是非常跨領域（multidisciplinary）、且可以算是非常複雜的一門（Aitken, Novak, Characklis, Jones, & Vikesland, 2004; Nguyen & Pudlowski, 2011）。

環工人應有的素養：面臨這些日新月異的環境問題挑戰著環工教育，林財富、謝孟伶與李文智（2012）提出環工教育的發展方向，需要有三方面的核心素養，知識方面要能擁有跨領域專業知識且具有統整及創新能力，環境問題需要團隊解決，因此技能上面必須培養學生能與人合作，並有溝通表達能力，態度上一定要對環境有熱情，擁有環境倫理，不但是工程師專業工作所需堅守的準則，也是身為人類對於環境保護所需要堅持的準則，否則面臨爭議的環保問題將無所依歸或是偏頗。

（二）環工知識與環保意識相關研究

雖是環工系的學生，但是對於環保意識及行動並沒有相對的提高，根據簡秀如（1995）探討大學生對於環保的態度以及其實際環保行為之研究，發現環保態度和實際環保行為有一致性，但環保知識和情感、意欲的相關性卻很低，與實際行為的一致性也較低，這樣說明了擁有環境、環工、環科的知識並不能轉變或產

生對環境的情感以及環保行為。蔡孟宜（2000）研究大學生環境認知、態度與行為相關研究顯示，大部分的學生最常採取涉及的層面較小，而且較易實行的親身力行的行動。當社會上環境保育和經濟開發形成衝突時，大學生缺乏經驗且沒有辯証的能力。他也發現個人責任感以及參與環保活動是對環保行為最有預測力的變數。

環境態度很重要，關乎永續發展，Hungerford 與 Volk（1990）提出單只具備環境知識與環境問題的覺知與認知，無法轉換成環境行動。周少凱與許舒婷（2010）提出大學生不同學校屬性在環境認知上有顯著差異，但在環境態度上並沒有差異。也有研究指出養成正向環境態度與哪一個學院、是否為生物或環境相關科系，是否實施教育介入課程並不相關（許世璋，2003；鄒東明，2002；Leeming, Dwyer, Porter, & Cobern, 1993），可能與特定生活的體驗有關（Newhouse, 1990）。王瑋龍等人（2010）推論生態、環境相關課程可以提升大學生相關環境態度。因此如何在環境微生物課程當中加入與生活連結的實務體驗，以培育發展環工系學生的批判性思考以及決策能力，期能有效參與解決環境問題，達成永續環境至為重要。

（三）SSI 與環境態度

SSI 教與學最早是由 Fleming 在 1980 年提出，現在已經發展出一套完整的理論（Zeidler et al., 2019）。SSI 議題往往是因科技進步帶來社會上的衝突性，比如氣候變遷、核能發電的存與廢，原住民保留區開發等等，解決 SSI 問題需要應用科學知識和探究，但是卻不能只靠科學，還牽涉到社會學、公民道德、倫理、政治、經濟及熱情等層面（Sadler, Barab, & Scott, 2007）。而這樣衝突性的議題容易引起對話、討論及辯證等。因此科學教育界認為 SSI 的充滿思考性以及需要整合的本質，符合現代科學素養的基礎，也是今日教導科學時的必要（Driver, Newton, & Osborne, 2000; Kolstø, 2001; Zeidler, Walker, Ackett, & Simmons, 2002）。符合美國新世代科學標準（Next Generation Science Standard; NGSS）跨領域、學科核心及工程實務三個面向（Hancock, Friedrichsen, Kinslow, & Sadler, 2019），也適合用於環工系教學。

SSI 教學可以增進學生對學科知識（content knowledge）的了解程度（Sadler, Amirshokooi, Kazempour, & Allspaw, 2006）。相同的課程經過 SSI 教學後，學生對內容的了解能更多面向、準確且精細；這樣的學習有包括參與、探索、解釋、申論和評價的好處（Bybee et al., 2006）。Shulman（2011）認為依據認知情境理論（Situativity Theory）以 SSI 教學，可以深入引起學生在教學情境中的學習事件發生。Sadler 等人（2007）提出 SSI 是有效教學，比起可以從教科書「copy」答案，顯然地，這類問題充滿爭議、開放沒有「標準答案」，學生在探究過程中可以獲得統整性的知識及有用的概念。

SSI 教學具有培養功能性科學性素養（Functional Scientific Literacy）的教育意義，所謂功能性的意思也就是做決定要考慮道德與倫理，做判斷要考慮公眾健康和環境品質（Zeidler, 2014），SSI 教學被認為可以正式非正式的增進道德覺知，

在做議題的決策時不會因外在要求而是依照情感與責任 (Tsai & Jack, 2019)。戶外教學見習，可以直接接觸實際的生態現場，讓教學目的達到具有世界觀及在地應用的能力。晏涵文與邱詩揚 (2003) 發現結合環境行動與群體效能的教學比傳統教師中心的環境教育教學更能提升學生環境覺識。Resasco (2013) 也認為戶外探索過程和小型實驗可以強化人跟環境的連結，進一步轉化成正向的環境行為。所以戶外教學、教育訪問、環保活動等活潑的教育方式，增加環境問題知識。而且開放討論或是辯論會、環境保育問題展覽等方式可以引發學生評鑑和做決定的能力；所以本研究以實地參訪、觀察、採樣與監測的調查作為 SSI 實施策略，結合了環境教育，除了環境技能的傳授外，進而激發學生的環境情並加強個人責任感，以培養出較積極的環境行為。

(四) SSI 與推理能力

環境問題非常複雜，不僅牽涉知識技術層面，還包括社會、經濟、道德等，而且往往呈現兩難的情境，因此對不確定問題辨識資訊、有效的思考判斷很重要。(靳知勤、吳靜宜，2017)。此外，社會科學性議題教學有利於學生面對非例行問題逐步養成獨立思考習慣，Sadler (2004) 指出 SSI 是沒有限度，屬非結構性問題，受到爭議且有多樣的觀點與答案，乃不易達成社會共識，顧可以藉由非形式推理過程，協商和決定如何解決此類的複雜問題。非形式推理是以語言從事論證的一種方式，常見於日常生活的口語討論及書面論述。(Hahn & Oaksford, 2007; Sadler & Zeidler, 2005)。SSI 推理需要用到高層次思考技能，以進行評論、分析、整理整個事件而不只是對事實的描述而已 (Bloom, 1980; Anderson et. al., 2001)。SSI 是一種「論證」的過程、是一種「立場」的表達、是一種「價值取舍」的結果，所以 SSI 教學訓練學生的內容就不再只是建構「科學知識、實驗技能」了。它還包括「表達、溝通、推理、論證、批判、做決定」，甚至「查找、解讀、評鑑資料和證據」等高層次的思考能力，不再僅止於「記憶、理解」的認知層次 (林樹聲，2015)。從過去國、內外累積的科學教育研究成果也充分支持這樣的主張。只要以 SSI 作為教學的主題，經過有系統的教學指導和學習之後，多數學生的科學知識不僅提升了，而且一些高層次思考能力，也都獲得了顯著的進步與改善 (Sadler et al., 2007; Wallace & Priestley, 2016; Zeidler & Kahn, 2014)。Hong、Lin 與 Lawrenz (2012) 對 222 名六年級學生進行 12 週社會科學議題介入教學，發現實驗組學生在論證品質和科學態度上都顯著高於未實施的對照組。而且低成就的學生在這兩方面的進步也是最大的。訪談觀察結果也充分看到實施過程帶給他們在辯證和表達上瞭解程度的變化。本研究融入 SSI 教學，鼓勵學生依據議題查找資料、帶入議題現場監測、參訪的實務教學，情境發展非形式推理，促進學生思考議題中的兩難，因此發展學生推理能力等功能性科學素養。

貳、研究方法

一、研究情境

將國家公園及國家海底公園預定地墾丁、萬里桐做為環境微生物及環境微生物學實習課程教學場域，並且導入同時具有社會性和科學性的議題，達到跨領域、核心知識及工程實務三方面教學實踐；實現以實務教學引入理論的創新教學模式。

（一）在地社會議題

位於墾丁萬里桐村的悠活渡假村，佔地約 1.5 公頃、410 個房間、最大住宿量每天 1100 人；1999 年開始營業了 14 年環保署才發現其未經過環評（廖靜蕙，2013）。而悠活渡假村所在地——萬里桐自 1997 年之後，潮間帶生態急遽變化，潮間帶出現了因陸源廢水的排入產生優養化造成的藻華現象，同時當地的潮間帶生物消失殆盡；珊瑚礁也急遽衰退（陳昭倫，2013）。悠活認為珊瑚礁死亡是多因素造成，比如氣候變遷等；而且已增設 3 級處理單位、嚴格控管放流水品質；萬里桐社區生活汙水則未經處理排放流入大海，也被認為要為珊瑚礁惡化負責。這些爭議，除了少數科學家進行專業研究以外，大多數民眾都是理盲情緒性的評論。因此本研究選取悠活做為社會科學議題介入環境微生物的教學場域，提升學生對國家海底公園預定地美麗與哀愁各項認知，尤其焦點在微生物相關的內容學習上，希冀藉此引發學習興趣，也連結學生對在地的情感關懷與責任心，更增進對衝突性議題的複雜度理解、分析綜合、論述觀點及做決策的各項能力。

（二）社會議題中環境微生物教學內容

1. 學生也可以做的海洋環境健康調查

傳統在進行珊瑚礁健康調查時，水下資料收集或後續分析需具備相當的科學背景，使得調查工作仰賴少數科學家，限制其調查頻度、範圍與即時性。因此本研究引導學生進行海洋環境健康指標（CHI，氣）的評估，此指標資料收集方式較為容易且分析簡單，並選用易受環境擾動的微生物-弧菌總數做為人為干擾指標，提供評估珊瑚礁健康程度另一參考依據（Kaufman et. al., 2011）。修習環境微生物實習的學生可以藉此學得環境檢測技能：以萬里桐悠活大排水溝及社區排水溝入海上下游各採樣進行大腸桿菌及弧菌菌數「氣」值調查；以瞭解兩種排放對水質影響程度。研究上建立數據，做為長期觀察的參考，教學上藉由弧菌調查，教導相關環境微生物知識，並且讓學生可以依調查數據對社會科學議題提出觀點與評論。

2. 實務教學生物除氮磷

墾丁國家公園在南灣及墾丁設置有汙水處理廠，都屬於生物除氮方法，處理南灣海水域場周邊及墾丁大街的生活汙水，但是萬里桐這個有名的潛水勝地，並沒有汙水截流處理等處置，因此本研究帶領學生參訪南灣、墾丁兩處汙水處理廠，對照萬里桐的現況比較。藉由參訪汙水處理廠，學生可獲得微生物的營養方式及碳氮循環等相關知識，這是理論教學時學生學習困難度最高的章節，因此為加強

學習成效，本研究使用改良式團隊導向學習法（Modified Team Base Learning, MTBL）進行翻轉教學。Wallace、Walker、Braseby 與 Sweet 等人（2014）認為，如果要讓學生對學習有深一層的了解，就要像專家學者一樣的思考；那麼就必須讓學生在課堂上跟同儕有合作討論活動。團隊導向學習教學法即是翻轉傳統教室上課學習、下課練習的模式，改成課前自我學習、上課練習。因此一上課馬上進行個人準備度測驗（Individual Readiness Assurance Test, IRAT），目的讓學生了解他們自身課前預習準備程度；接著做小組準備度測驗（Group Readiness Assurance Test, GRAT），小組成員用討論形式，根據 IRAT 相同題目進行測驗考試。GRAT 進行掌握一個技巧是學生被即時回饋，因此使用刮刮卡（Scratch and Win card），學生所刮題向若顯示*號，表示此題答對，若顯示空白，表示答錯，學生必須在每一題刮到正確才可討論下一題。此 TBL 最早發源於 1970 年 Oklahoma 大學 Michaelson 教授在醫學院提出的概念（Michaelson, Knight, & Fink, 2004）。本研究實施 TBL，為確立個人學習，課程結束前再做一次 IRAT，與一般 TBL 不同，因此稱為 MTBL。

二、研究樣本

學生背景和異質分組依據：本次研究以修習大一環境微生物學學生共 96 人，依入學登記分發可以分成化工、衛護、農業及工管四大主類群，其中最多的是工管（58%）、其次是化工（20%）、衛護（16%）、農業（5%）及其他如重修或文組（3%）等（圖 1）。據之前的教學經驗及研究發現學生背景知識和學習很有關係（邱瑞宇等人，2017），因此本研究以修習過生物或化學與否為主要依據進行異質分組。另外若單以類群分組會有盲點，因為學生為求錄取，所以原本就讀自然類組如機電的學生在統測時卻是報考工管類群，所以入學類群與其原來所讀的科別沒有絕對一致性，因此本研究依照學生原始科別區分為六大類組，做為第二個異質分組依據：其中綜合高中的高中部門學生為學術群；和環工、化工類相近的分為化學工程群；電機電子類以修物理為主的分為機電物理群；資訊及製圖類的歸為資料工管群；幼保、應外分為文科類群；農園森林分為生物農業類群。此外，北、中、南部學生在學習資源上有明顯的差距，尤其語文能力上面，而語文能力牽涉到閱讀吸收能力，因此將地域作為異質分組的第三依據。A 班 43 人分成九組，B 班 53 人分成十組，扣除 4 位缺考及曠課數較高之學生，最後採納 92 位學生之數據進行分析。

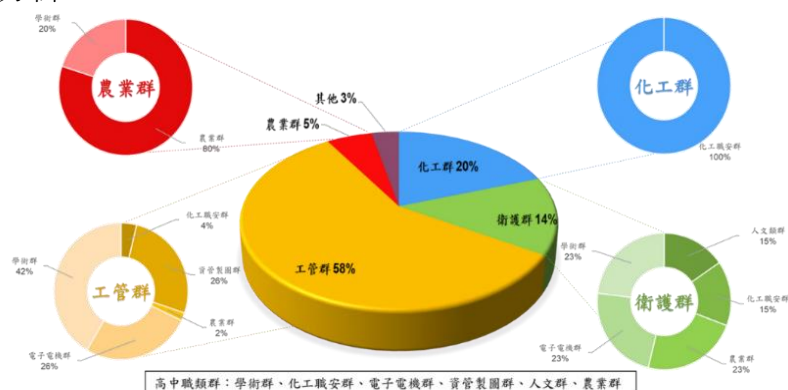


圖 1 修習環微學生各類群工管、化工、衛護及農業所佔比例及其組成科系

三、實施方法

(一) 實施流程

挑選教材：本研究採取行動研究，課程內容架構如圖 2 所示：以環繞「萬里桐社區及悠活排放廢水對海洋環境影響」議題做為課程教學選材核心（粉紅色區塊），實地參訪、自然體驗和調查活動拓展出學習的第二層課程主題內容（藍色區塊），再進一步分出第三層各個相關學習主題（黃色區塊）。上述所有課程內容皆環繞在「物質循環、能量流動」的核心概念上。

學習方式：採用實地參訪汙水處理廠、到大自然體驗珊瑚礁岸活動，情境教學，激發學生的動機，深化學習的意義，進行環境監測將微生物實驗課程的技術運用，深一層建構學生對知識的理解，因為對當地的了解，增進對環境的認知與熱情，進而連結出與為了抗爭而抗爭不同的「知其然」的正確的科學及環保態度。以實務引發學習動機，再以改良式團隊導向學習法強化學習。以紙筆考試、書面報告及海報口頭發表驗收學生成果。並且設定評量尺規以分析學生學習成效。根據學習成績及問卷分析做為下一輪教學改進的方案。

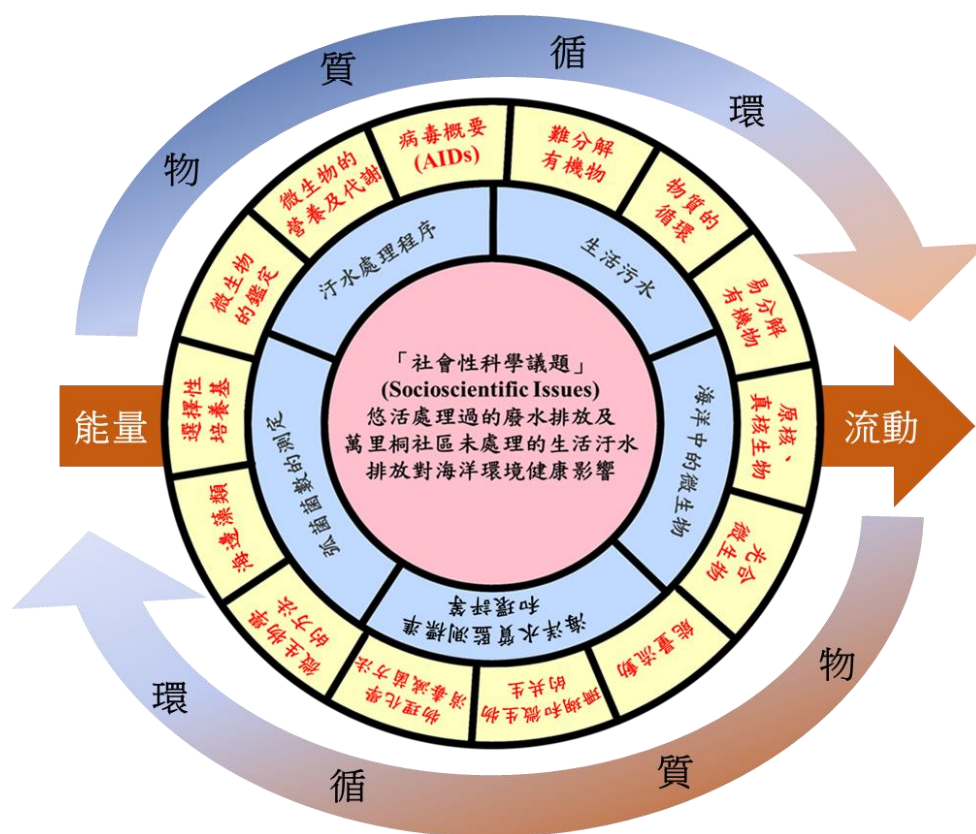


圖 2 社會科學議題導入相關環境微生物課程內容架構圖

(二) 活動設計（三階段教學）（圖 3）

第一階段——期中考前建構先備知識：以傳統講授法加上學習單、分子模型操作及影片做基礎微生物教學。期中考以紙筆測驗進行。

第二階段——參訪行程：期中考後應用微生物教學以選定教學場域展開相關微生物實務教學，首先提出問題「悠活處理過的排放廢水及萬里桐社區未處理的生活汙水排放對海洋環境的影響」，學生參訪前安排協同教學，做行前相關珊瑚礁岸及生態評估法知識補充。學生針對地理位置、十年來人口數及年齡層分佈、旅社旅遊人數、海域甲乙丙分類、海洋監測項目及標準等進行資料收集並提出行前書面報告。

環工實務及自然生態一日參訪與調查：接著帶學生到萬里桐自然生態及墾丁人為設施污水處理廠參訪，收集各種數據及資料，作為後續課程素材。一日參訪活動有三個重點，第一是萬里桐珊瑚礁岸探勘潮間帶微生物藻類觀察，第二是海洋環境健康監測，包括水質採樣分析及海洋環境弧菌數檢測，第三是參訪墾丁及南灣二座汙水處理廠，了解生物除氮程序。

參訪後課程：心得分享、報導及小組討論萬里桐遭到破壞的解決方案等。另外針對汙水處理廠相關微生物知識，設計教案，進行翻轉教學，以 MTBL 教學法強化學習內容。參訪加上學生相關資料及教科書章節的預習，上課馬上進行個人測驗（IRAT），驗收個人學習成效，接著團隊測驗（GRAT），再由老師解惑，與一般 TBL 不同的是對學生仍有疑問不明白的部分做解說之後，會再次做個人測驗，確定總學習成效。

第三階段——成果展現：學生在整個活動當中自主學習尋求答案，老師提供輔助。學習成果分成個人和團體。個人的珊瑚礁岸觀察海藻報導及團體的社會科學議題書面及海報展示。

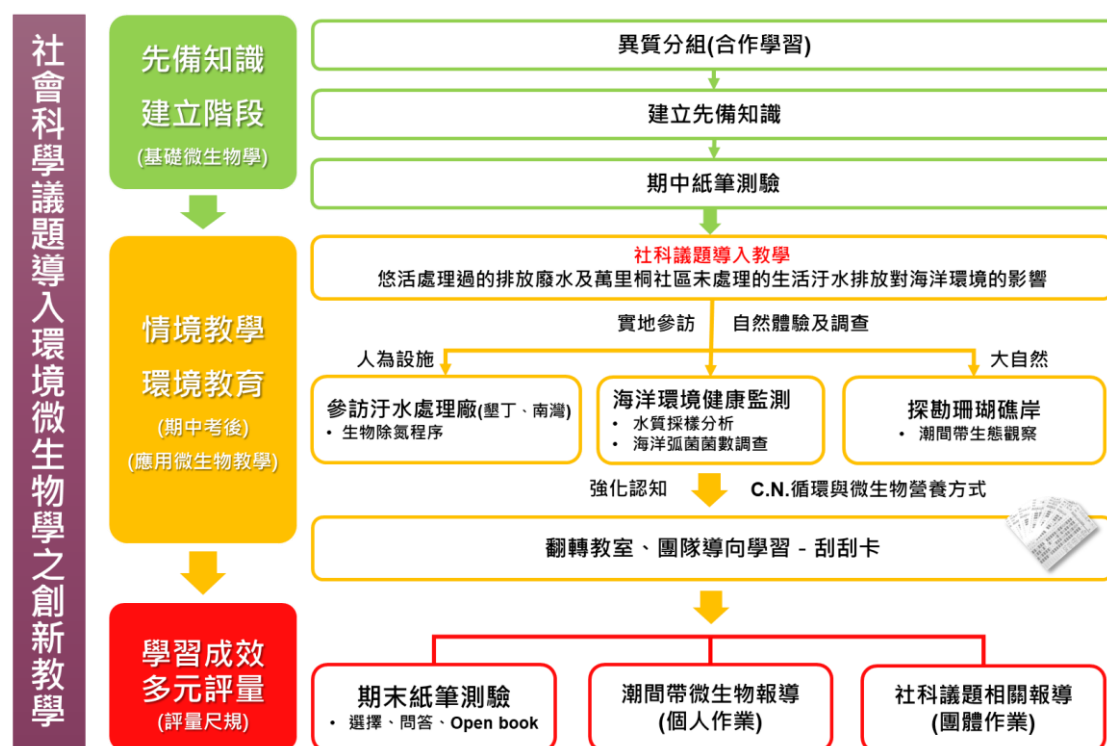


圖 3 社會議題導入環微教學三階段實施方式及內容

資料來源：本研究整理

四、評量工具

(一) 學習評量

以期中及期末紙筆測驗檢驗核心知識學習成績，期中測驗題型包括問答及連連看，期末則分成三部分，選擇題、問答題及以 open book 做類似相關議題推理能力評量。

(二) 潮間帶微生物報導、社科議題相關報導

個人潮間帶微生物報導，老師先做示範，並依內容訂定評量尺規進行評量，團體海報依照 Bloom (1980) 認知架構及 Sadler 等人 (2007) 提出 SSI 議題推理能力評量架構，建立複雜性了解程度（理解）、多面向說理分析判讀（評估）及創新建議觀點（創造）3 個面向審查項目，分成優、佳、可及差 4 個水準層級的評量尺規進行推理能力審視，看是否 SSI 教學達到學生對 SSI 議題有協調統整評論做決策的能力。詳細評分項目及說明如下表 1、表 2 所示。

表 1
萬里桐海藻小海報發表學生作品及評量尺規

項目	優	佳	可	差
評分	9~10 分	6~8 分	3~5 分	1~2 分
格式	標題+作者排版美觀	標題+作者字體適中	標題+作者排版不美觀	缺標題或作者
標題	有創意、有畫面	容易聯想到海藻形狀	與別的同學重複	標題不是微生物
分類	完整	有遺漏	不全	缺少
圖片部分	照片清楚配合細節描述	照片清楚但沒有細節	不明確	很不清楚
學名	學名設斜體字且為正確的	學名與特徵不完全相符	學名特徵不明確且不相符	學名明顯不對
感想	內容豐富	有內容	內容空乏	缺內容或不正確
資料查詢	內容豐富	有內容	內容空乏	缺內容或不正確
營養形態	正確且沒錯字	正確但有缺點	部分錯誤	缺失或嚴重錯誤
繁殖方式	正確且沒錯字	正確但有缺點	部分錯誤	缺失或嚴重錯誤
參考資料	有且要項完整	有但要項不完整	部分缺少	沒有附參考資料

表 2
萬里桐 SSI 教學推理了解分析創新三面向的評量尺規

項目	優	佳	可	差
複雜性了解程度（理解）	至少提出 4 個以上正方反方面向，且都有正確描述。	能有 3 個以上面向了解，允許少許錯誤。	可以提到至少 2 個面向，但描述過於簡化。	過於簡單或邏輯不正確，或只有指出人口一項單因子。
多面向說理分析判讀（評估）	能以檢測數據及觀察進行分析且說明清楚有邏輯。	只有數據資料的簡單描述。	有數據資料但是沒有說明。	缺少數據資料，憑藉以前經驗，沒有因此次 SSI 教學增長相關。甚至描述地點錯誤。
創新建議觀點（創新）	能提出新的建議觀點至少 3 項，且是概念上可以執行的。	至少有 2 項元素。	只能提出 1 項新的元素。	無法提出任何新的元素（無法針對當地提出建議，只做一般通論）。

(三) 環境態度量表

本研究依據研究目的自編環境態度量表，以便利取樣選取 48 位環工系大學生作為預試對象。環境態度量表採 Likert 三點量表填答方式。依據探索性因素分析結果，將因素負荷量以及整體解釋力不佳的題目刪除後，共保留 12 題萃取出三個向度：向度一「環境責任」共 5 題、向度二「環境認知」共 4 題、向度三「科學本質素養」共 3 題。每個向度解釋變異量分別為 26.51%、18.68%、13.03%，共計總體解釋變異量為 58.22%；各分量表 Cronbach's α 分別為 0.81、0.66、0.40，整體量表的 Cronbach's α 值為 .60。詳細之因素分析結果如表 3 所示。

表 3

環境態度量表因素分析摘要表

題目	向度	環境責任	環境認知	科學本質素養
願意花費時間進行環境保護宣導課程幫助他人了解當地生態及汙染		0.88	0.08	-0.06
應該提高汙水排放標準以保護珊瑚礁岸		0.86	-0.20	0.07
願意花費更高金額支持環境友善旅社		0.79	-0.14	-0.19
願意為了保護珊瑚礁岸付出更高的成本		0.77	0.10	0.03
願意致力於改善萬里桐生態環境		0.63	0.08	0.26
弧菌與廢水的關係認知		0.06	0.76	-0.10
課程環境認知		-0.03	0.71	-0.08
海洋汙染源認知		0.04	0.66	0.27
海洋弧菌認知		-0.13	0.66	0.41
環境需要長期監測資料		0.01	0.15	0.71
公民科學印象		-0.17	0.33	0.60
多次性的監測才可讓我們知道環境的壓力		-0.11	-0.27	0.59

五、資料處理與分析

本研究從三方面做教與學的成效探討：以學習評量的分數做為學生「核心知識」之成績來源；以成果報告的內容做質化的「推理能力」探討，以問卷了解正向「環保態度」的改變。本研究以統計軟體 SPSS 25 進行分析，以成對樣本 T 檢定探討學生的核心知識及環境態度，以 PR 值及單因子變異數分析進行入學類群的比較，以了解學生在各面向之學習成效改變情形及其差異性。並使用主題內容分析 (Patton, 2002) 對學生成果報告內容探討其推理能力之表現。

參、結果與討論

一、SSI 教學策略增進核心知識

(一) 核心知識學習成效

碳氮循環是環微教學核心知識，比較期中考前傳統教學及期中考後 SSI 介入教學，針對同一範圍以期中、期末紙筆測驗成績進行相依樣本 t 檢定，不論是 A

班或 B 班都有顯著差異存在，呈現正偏差（表 4），表示自然體驗及環境議題的勘察，有助於學生將課堂上抽象的概念轉化成真實的感受，以社會議題為核心的實務教學確實幫助學生建構難度較高的核心知識。如同陳榮俊（2013）以基因改造、核能發電場為主題的 SSI 教學進行參訪等相關活動，確實增進學習者的知識理解，屬於有意義的學習。SSI 雖然是社會問題，但是背後有很多科學背景知識，以此為中心做科學教學，富有教育意義。Klosterman 與 Sadler（2010）也指出實施社會科學議題課程時，因為相關活動會使得對這個議題本身的相關內容知識更容易被學生理解，因此大幅增進學科知識的學習成效。

表 4
傳統與創新教學實施成效相依樣本 T 檢定結果

班別	N	期中考得分		期末考得分		t	p	95%CI		Cohen's d
		M	SD	M	SD			LL	UL	
A 班	43	36.28	20.82	55.81	36.17	3.49**	.010	8.25	30.82	0.69
B 班	52	24.81	19.76	58.98	27.71	7.61***	.000	25.15	43.18	1.44

** $p < .01$, *** $p < .001$

（二）SSI 結合 MTBL 教學法

實地參訪及勘察之後回到教室，以 MTBL 法增強內容的學習，發現個人前測、後測成績，呈現明顯的進步。以相依樣本 t 檢定發現達到顯著差異（表 5）。證實 MTBL 教學法，以學生學習為主體，課前預習，課堂上與同儕討論，能獲得很大的進步，同時亦提高了學習興趣及增進學習效果。與 Mcinerney 與 Fink（2003）以 TBL 法進行微生物生理學教學，可增進對資訊的理解和長時間記憶結果類似。

表 5
MTBL 學習前後個人測驗成績相依樣本 T 檢定結果

測驗科目	N	前測得分		後測得分		t	p	95%CI		Cohen's d
		M	SD	M	SD			LL	UL	
生物除氮	81	44.69	27.44	56.54	33.44	2.31*	.024	1.63	22.08	0.40

* $p < .05$

二、SSI 教學縮小入學類群差距

（一）入學類群成績比較

將學生所有個人和團體成績依照入學統測管道四大類（化工、工管、農業、衛護）進行各項學習成績比較（單因子變異數分析），發現 SSI 創新教學之下，類群間差異大部分都已經不顯著。僅在期末考試中的 open book 測驗，工管和化工群分數出現顯著差異性（表 6），原因可能是因為 open book 考試提供學生情境，要求學生查找資料或依提供資訊檢測數據，並進一步分析判斷解答，屬於 Bloom 認知中較高層次的思考，難度較高，因此造成成績上的差異。

表 6

學生類群對 Open Book 測驗成績單因子變異數分析表

測驗項目	類群	N	M	SD	F	p	Post Hoc
Open Book	(A)工管群	52	30.83	13.76	6.11***	.000	(B)>(A)
	(B)化工群	18	46.67	16.14			(E)>(A)
	(C)衛護群	13	41.92	18.83			
	(D)農業群	5	44.00	22.64			
	(E)其他	4	57.00	10.03			

*** $p < .001$

(二) MTBL 學習拉近類群差距

將工管及化工類群學生 MTBL 學習總成績做比較(圖 4)，發現實施前期(主題為生物除氮)，工管類群 PR41，化工類群 PR55，相差 14 分之多，到了 MTBL 實施後期(主題為病毒)，工管、化工 PR 值分別為 48、50，已經非常趨近，表示 MTBL 實施有逐步拉近類群差異的情況，也表示團隊導向學習是一種有效的教學方式，提高了學習成效。MTBL 學習內容是屬於有一定範圍且可以重複練習學習，屬於記憶層次的學習，顯示教學法在記憶背誦層次有一定的成效。這項結果引發我們對於教學法對學生高層次的思考是否提昇做進一步的討論。

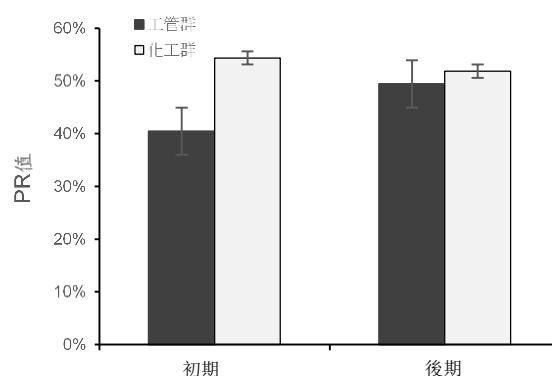


圖 4 MTBL 實施顯示多次練習可縮小類群成績差距

(三) 不同背景學群對學習內容學習成效比較

將屬於團體的各種學習評量做分類，分為口頭報告、紙筆測驗、海報及書面報告等四類，依學生所屬類群成績 PR 值做比較(圖 5)，發現工管類群學生在口頭報告及紙筆測驗，表現較好，海報及書面報告上較差。比如期中考前較小範圍的上台口頭報告如「如果沒有微生物」或者是「澱粉和纖維素分子結構差異」醣類報告，工管類學生 PR 平均 45%以上(圖 5a)，而 MTBL 學習這種屬於有範圍可以重複學習的成績，工管類學生 PR40%以上，不輸給化工類群(圖 5b)。而沒有範圍，必須查找資料、作分析、評論、統整以及創造新觀點建議等等的書面前言及完整研究報告工管類群學生 PR 值降低到 40 以下(圖 5c)，而學期末社科議

題海報，工管類群學生 PR 值低於化工類群有 20 分之多（圖 5d）。前兩種評量屬於 Bloom 學習中理解記憶的層次，後兩種評量則較屬於 Bloom 高層次的分析、統整、評斷及創造的思考層次。

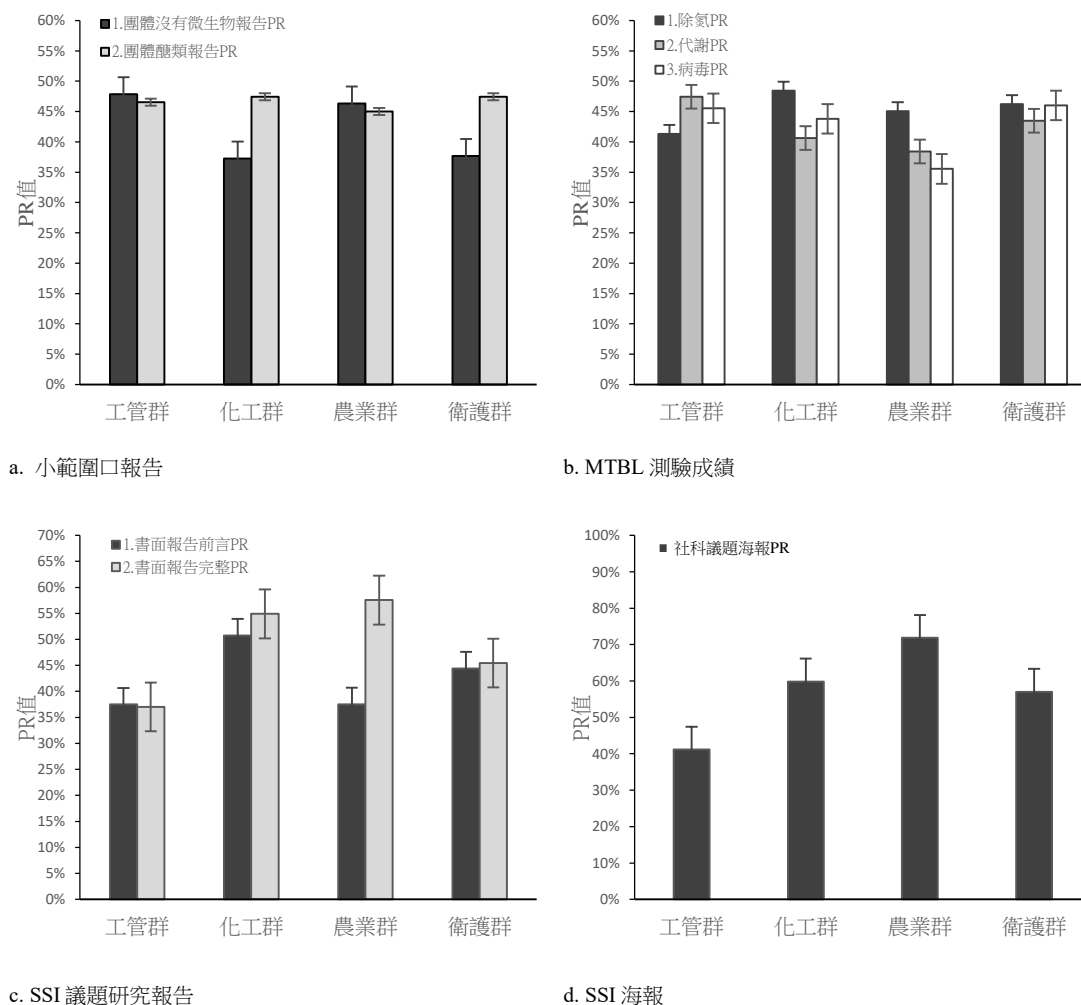


圖 5 各種團體作業類群成績 PR 值分析

(a. 小範圍口頭報告 b. MTBL 測驗成績 c. SSI 議題研究報告 d. SSI 議題海報)

三、SSI 教學策略提升推理能力

本研究以學生報告作業作為推理能力分析的依據，並制定評量尺規為其評分，可避免作業批改時受評分者個人主觀的影響，亦可給學生遵循學習的方向。

(一) 個人報告作業

萬里桐潮間帶參訪，要學生進行珊瑚礁岸藻類報導，行前先給範例及繳交內容規格等等，參訪時採樣、拍照、查閱圖鑑、收集環境資訊等等，做成海報繳交，採取開放修改模式，學生繳交後學生可以依據老師的批改進行修訂再繳交，依前述表 1 海報應有的格式及內容訂定評量尺規做評分。本次學生報告獲得優、佳、可、差的學生比例分別為 24%、64%、12%及 0%，此結果比研究者前幾學期授課班級學生「生活中的微生物」報告呈現更為完整而豐富的內容。

(二) 團體報告作業

期末學生將書面報告做成海報並口頭發表，依前述表 2，海報上面呈現內容，以 Bloom 學習層級分成三類，分別為是否能了解衝突性議題複雜的多面向（理解）、是否能以數據、觀察分析討論汙染議題（評估）以及是否能提出新的觀點建議而且是可執行的（創新）三方面做成評量尺規，給予優佳可差四個層級分數，各面向學生表現列於圖 6，學生範例列於表 7。結果發現在收集資料做多面向理解，學生平均分數最高 2.78 ($SD=1.0$)，有 40% 以上的人達到優級，學生以數據分析評論所得平均分數最低 2.22 ($SD=0.99$)，只有 21% 學生可以達到優級，學習成效百分率圖上是呈現常態分佈，顯示學生即使有監測數據但是卻不會使用，不習慣以數據做評論。這是我們在 SSI 教學裡面希望能夠引導出論證的能力，顯示一次的推理訓練經驗是不夠的。而提出建議做決策方面，答案呈現多元，平均分數為 2.33 ($SD=1.2$)，表示學生經過這樣的參訪與調查，能夠提出建議，其達成百分率圖呈現雙尾現象，優和差的比例都高。Sadler (2004) 在「以地球暖化」為議題進行閱讀教學時，發現近一半 (53%) 的高中學生無法辨認資料、證據並解釋數據，無法以數據來支持個人立場的論點。換言之，學生在處理眾多 SSI 資料時，大多從個人興趣、經驗及社會的經濟利益方面做依據，只有少數學生會從科學角度來進行分析。這和我們做出來的結果相類似，雖然有數據，但是學生並不會使用，也就是所謂科學本質素養的欠缺，筆者認為這也一直是台灣社會理盲的根源。另外在 Sadler、Klosterman 與 Topcu (2011) 的研究中，以氣候變遷為議題進行教學，發現為期 2 週教學在科學內容上面就有進步，但是在推理上就沒有，因此他們重做實驗延長教學時間到 6 週，發現就有進步而與控制組有差別了。Zeidler 等人 (2019) 提出這樣測量學生在 SSI 教學中的推理能力的評估工具是可信的，但是若是單一事件一個單元這樣訓練推理不夠，應該能有一學期 18 週的訓練，獲得推理能力的進步是可以肯定的。

表 7

依照萬里桐 SSI 教學推理了解分析創新三面向的評量尺規評分範例

項目	優	佳	可	差
複雜性理解程度（理解）	能對照悠活住宿及社區居民人口數、能對比汙染區和保護區的觀察、有放入監測項目檢測數據及汙水處理設施的有無談論到兩個地區的差異。	能提出 3 個面向，但說理時較沒有比對。	能提 2 個面向，但描述邏輯跳働。如居民及旅遊人口都下降，環境感覺變差是因科技帶來汙染。	究因想法單純，如蓋飯店就不對，人口數下降就不會有汙染（沒考慮排放有無處理等）。
多面向說理分析（評估）	除了數據解說，還能考慮影響測值的相關可能其他因素，相對客觀，也能找出其他資料做比對。使分析更有支持力。與甲級海域溶氧或大腸桿菌要求做比較，考量採樣前一天下雨可能造成的稀釋效果。	針對數據高低做說明。	列出數據表格，但是沒有做說明。	無法提出說明，只能講少丟垃圾。

(續後頁)

(接前頁)

項目	優	佳	可	差
創新建議 觀點 (創新)	悠活污水處理廠代處理萬里桐生活廢水。仿效長灘島或小琉球有一定的休養期。特定區排放廢水加嚴管制標準。	宣導當地居民及旅客生態完整的重要性。 分享此次訪查的經驗讓更多人認識萬里桐的生活廢水集中處理的重要性。 企業應回饋地方，領頭保育當地生態慎選對環境友善旅遊方式。	鼓勵居民減少汙水排放量及汙水淨化（要求別人較不可行而且只針對居民，沒有提及悠活或旅客，較單面向）。 收購悠活污水處理廠（較天馬行空）。	做好垃圾分類（一般而沒有針對性）。 廢水做好處理（仍無汙水處理廠概念）。

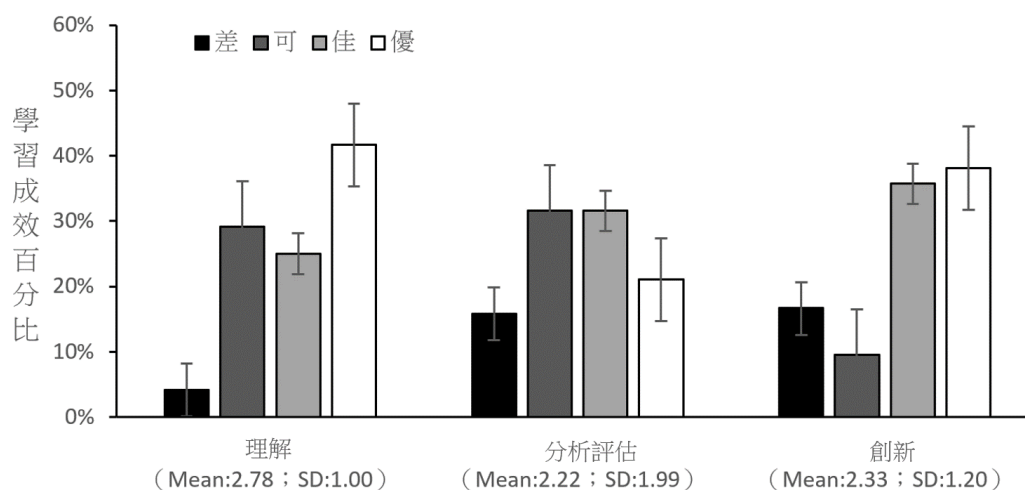


圖 6 社科議題三面向學習分成四級的學習成效百分比

四、SSI 教學策略養成正向環境態度

因環境態度量表中「環境責任」向度為有關萬里桐當地環境議題之題目，不適合參訪前予以施測，因此僅針對「環境認知」以及「知識論信念」兩向度以相依樣本 T 檢定比較學生於參訪前後之差異。研究結果如表 8 所示。學生的環境認知後測分數 ($M = 9.13, SD = 1.72$) 顯著高於前測 ($M = 7.63, SD = 1.98$) 分數 ($t = 6.71, p = .000, d = 0.81$)。學生的知識論信念後測分數 ($M = 7.59, SD = 1.24$) 顯著高於前測 ($M = 6.93, SD = 1.36$) 分數 ($t = 3.44, p = .001, d = 0.51$)。表示透過實地參訪，因親近社區及多面向深度瞭解問題後，學生更能設身處地的擁有正向的環境態度。

「環境責任」向度以單題平均數呈現學生對萬里桐當地環境責任之表現，結果呈現於表 9。環境責任為李克特三點量表，而各題之平均數介於 1.47 至 1.96，皆低於 2，顯示學生對萬里桐當地環境責任仍有進步之空間。

如同楊樹森（2016）在應用於生態學的教學實踐歷程進行中海拔原始森林探索活動及微專題實驗操作，發現這樣的教學可以深化學生與土地的連結，如同 Zeidler 等人（2019）提出來 SSI 教學走入一個新的方向，有助於「功能性科學素養」的獲得，除了增進人類生活福祉以外也必須跟非生命的世界能達到平衡，養成環境正義感。除了知識上的，更包括了以自然科學的學習，涵蓋社會學分支，如對話、討論、辯思等等，Fowler、Zeidler 與 Sadler 等人（2009）也對高中生進行 SSI 教學發現可以增進學生的道德感，就像本研究進行萬里桐汙水排放議題教學，學生道德及使命感增加，也有環境教育的意義在裡面。而且這是一種內化、因為了解認識而產生的情感因素，而不是因為外在的規定和命令（Tsai & Jack, 2019）。

表8

環境認知及科學本質素養量表相依樣本T檢定結果

		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
環境認知	前測	7.63	1.98	6.71***	.000	0.81
	後測	9.13	1.72			
科學本質素養	前測	6.93	1.36	3.44***	.001	0.51
	後測	7.59	1.24			

註：小效果量 *d*: 0.2；中效果量 *d*: 0.5；大效果量 *d*: 0.8 (Cohen, 1988). ****p* < .001

表9

環境責任題目之平均數及標準差

題目	最小值	最大值	平均數	標準差
應該提高萬里桐汙水排放標準以保護珊瑚礁岸	1	3	1.59	0.83
願意花費更高金額支持萬里桐環境友善旅社	1	3	1.73	0.87
願意致力於改善萬里桐生態環境	1	3	1.47	0.70
願意花費時間進行萬里桐環境保護宣導課程幫助	1	3	1.96	0.94
他人了解當地生態及汙染				
願意為了保護萬里桐珊瑚礁岸付出更高的成本	1	3	1.67	0.84

肆、結論與建議

本研究以萬里桐為實際教學場域，建構融入社會科學議題的環境微生物教學模式，設計一系列之環境議題教材、教學策略以及多元評量方法等，藉此提升環工系學生之核心知識學習成績、減少入學群組差距、提升推理能力以及強化正向環境態度。本研究發展一套社會科學議題介入教學模式，意義在於建構了一個橋樑，連接自然科學和社會科學、連接學生和社會、連接學生和他們居住世界所有物質（有機、碳氮循環）和非物質（道德倫理）的橋樑，讓學生參與他們居住的

世界，然後依此經驗轉移修正成為他們面對將來到的未來，不再是填鴨式的教學，而是教育學生面對科技帶來未來複雜的社會。本研究最主要的結論以及建議如下：

一、SSI 創新教學有效提升學生之核心知識

本研究建構 SSI 創新教學加上改良式團隊導向學習，透過社會科學議題的實務情境，並以此結合核心知識學習。因與實務連結，教學更為活潑化且有意義，讓學生的知識獲取不只是從老師講授中獲得，更多是由自己閱讀、資料蒐集以及同儕討論當中學得。此種學習方式比傳統教學更容易讓學生產生興趣進而主動學習，同時讓老師教學恢復熱情而重新注入為世界培育人才的使命感，戰勝以往被學生滑手機打敗的灰心。

此外，本研究亦發現透過 SSI 創新教學，學生在「生活中的微生物報告」的表現比前幾屆未接受 SSI 創新教學學生的報告內容豐富有深度，且學生間因入學背景程度上的差異被拉近了，然而多聚焦在 Bloom 認知架構中記憶、理解等較低層次的提昇。屬於較高層次的分析、評鑑或創造，入學類群背景程度上的差異仍然存在。因此授課教師應進一步訓練先備背景不利學生之高層次認知能力，譬如提供更多的學習機會，或者透過同儕鷹架的引導，以增強他們的高層次認知能力。

二、透過 SSI 創新教學，學生推理能力中的「理解」表現最佳

本研究依據社會科學議題的特性建立推理能力評量尺規來分析學生的報告，藉此了解其推理能力中的理解、分析評估以及創新的表現，發現表現最佳的是「了解衝突性議題複雜的多面向（理解）」，而最需加強的是「以數據、觀察分析討論汙染議題（分析評估）」。顯示學生的操作面向——監測數據已有不錯的表現，可惜無法進一步應用這些數據做檢視、分析，並提出相對應之解說以及考量其他可能造成影響的因素。所以推理能力的培養，仍是未來科學教育上的重點。科學研究數據固然重要，但更重要的是如何讓學生看待這些數據？加強解釋數據的訓練，增長討論數據的時間，或者增加閱讀當地研究報告等都值得嘗試。

三、SSI 創新教學有效提升學生環境態度中的「環境認知」和「科學本質素養」

SSI 議題融入以及增加萬里桐為教學場域的教學方式對學生的環境認知及科學本質素養有顯著的提升。顯示透過生活實例的引導，更易激發學生對環境的覺知及正向態度，進而達到自動自發的環境保護責任心及實際行動。

本研究有關「環境責任」量表的設計以萬里桐場域議題為主，學生在接觸此場域之前難以作答，故而無法取得「環境責任」前後測的比較。建議未來研究可設計一些非特定場域議題的環境責任量表，以了解學生於課堂中所學的特定場域議題環境責任是否能擴散至日常生活中通則的環境議題責任。

四、SSI 創新教學是促進跨領域合作教學的最佳契機

社會科學議題包含眾多面向，牽涉的層面非常廣，涵蓋了環評實務、環保法規、海洋汙染、汙水下水道工程甚至是社會人口及旅遊觀光業等等，教師因跨域知識的不足，在教學過程中難免面臨阻礙。未來規劃跨領域合作教學是教育趨勢之一，例如包括環評實務、環科概論、環境概論、環境有機化學及實驗、水質分析與實驗等，讓科學議題各個面向訓練完整，甚至是國語文敘事論述等能力等的加強，使教學設計模式更完善。

五、社區訪問融入 SSI 創新教學更易激發環保行為

執行 SSI 創新教學提升學習興趣，增加學科知識外，環保知識及環保態度都明顯增進，未來的建議增加社區訪問，並針對汙水排放問題，可以請學生提出行動，在學生的能力範圍當中身體力行對萬里桐社區或海洋環境健康維護的行動，以鼓勵學生知行合一，內化環保倫理道德層次，而具有環保態度與行為。

致謝

感謝教育部 107 年教學實踐計畫經費補助

參考文獻

- 王瑋龍、洪婷靖、趙麗玲、溫育德、林宗岐、林素華（2010）。大專學生環境態度之研究。**生物科學**，**52**（2），1-14。取自 <http://dx.doi.org/10.29981/CB.201012.0001>
- 周少凱、許舒婷（2010）。大學生環境認知、環境態度與環境行為之研究。**嶺東學報**，**27**，85-113。取自 <http://dx.doi.org/10.29850/LTJ.201006.0005>
- 林財富、謝孟伶、李文智（2012）。大學環境工程教育之發展與建議。**環境工程會刊**，**23**，1-14。取自：<https://www.cienve.org.tw/Anonymous/SearchBulletin.aspx>
- 林樹聲（2015，6月）。社會性科學議題教學於中小學實踐上的魔力與阻力。**台灣科技與社會研究學會**。取自 <http://sts.org.tw/archives/72>
- 邱瑞宇、舒緒緯、周映孜、邱春惠、吳羽婷、林聖淇（2017，5月）。問題導向學習應用於環境微生物教學之探討。載於國立屏東科技大學舉辦之「**2017 技職教育農業、獸醫暨生命科學學門多元升等制度研討會**」論文集（頁 73-83），屏東。
- 邱瑞宇、舒緒緯、邱春惠（2018，6月）。開發桌遊建構環境微生物學習者核心能力的行動方案。載於國立屏東科技大學舉辦之「**2018 年教學實務暨技術應用報告研討會**」論文集（頁 217-229），屏東。
- 晏涵文、邱詩揚（2003）。環境行動與群體效能教學模組之發展與評價。**環境教育研究**，**1**（1），107-137。
- 許世璋（2003）。大學環境教育課程對於環境行動與其他環境素養變項之成效分析。**科學教育學刊**，**11**（1），97-119。
- 鄒東明（2002）。中山大學學生環境行為之研究——以生科系和企管系為例（未出版之碩士論文）。國立中山大學公共事務管理研究所，高雄。
- 靳知勤、吳靜宜（2017）。國小學童在社會性科學議題教學中的非形式推理改變：以不同條件下之能源決策為例。**科學教育學刊**，**25**(1)，21-46。
- 陳昭倫（2013，7月）。海岸開發對珊瑚礁生態系的影響：國內外案例與綜合分析。**環境資訊中心**。取自 <http://e-info.org.tw/node/87191>
- 陳榮俊（2013）。國小教師將社會性科學議題融入科學教學之行動研究（未出版之碩士論文）。臺中教育大學科學應用與推廣學系，臺中。
- 楊樹森（2016）。中海拔原始森林探索活動及微專題實驗操作應用於生態學的教學實踐歷程。**大學教學實務與研究學刊**，創刊號，135-154。
- 廖靜蕙（2013，11月）。萬里桐珊瑚復原無解悠活補環評初審過關。**環境資訊中心**。取自 <http://e-info.org.tw/node/95012>。
- 蔡孟宜（2000）。大學生環境認知、態度與行為相關研究——以逢甲大學為例（碩士論文）。取自臺灣碩博士論文知識加值系統。

- 簡秀如 (1995)。大學生對於環保的態度以及其實際環保行為之研究——以台大學生為對象 (未出版之碩士論文)。國立交通大學管理科學研究所, 新竹。
- Aitken, M. D., Novak, J. T., Characklis, G. W., Jones, K. L., & Vikesland, P. J. (2004). The evolution of environmental engineering as a professional discipline. *Environmental Engineering Science*, 21(2), 117-123.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., & Pintrich, P. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational outcomes: Complete edition*. White Plains, NY: Longman.
- Berrett, D. (2012, February). How “flipping” the classroom can improve the traditional lecture. *The Chronicle of Higher Education*. Retrieved from <http://chronicle.com/article/How-Flipping-the-Classroom/130857/>
- Bishop, P. L. (2000). Environmental engineering education in North America. *Water Science and Technology*, 41(2), 9-16.
- Bloom, B. S. (1980). *All our children learning*. McGraw-Hill, New York.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006, January). The BSCS 5E instructional model: origins, effectiveness, and applications. *Colorado Springs*. Retrieved December 20, 2019, from: <https://www.researchgate.net/publication/242363914>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- Fowler, S., Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2009). Moral sensitivity in the context of socio-scientific issues in high school science students. *International Journal of Science Education*, 31, 279-296.
- Hahn, U., & Oaksford, M. (2007). The rationality of informal argumentation: A Bayesian approach to reasoning fallacies. *Psychological Review*, 114(3), 704-732.
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow A. T., & Sadler T. D. (2019) Selecting Socio-Scientific Issues for teaching- a grounded theory study of how science teachers collaboratively design SSI-based curricula. *Science & Education*, 28, 639-667.
- Hong, Z. R., Lin, H. S., & Lawrenz, F. P. (2012). Effects of an integrated science and societal implication intervention on promoting adolescents' positive thinking and emotional perceptions in learning science, *International Journal of Science Education*, 34(3), 329-352.
- Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8-21.

- Kaufman, L., Sandin, S., Sala, E., Obura, D., Rohwer, F., & Tschirky, J. (2011). Coral Health Index (CHI): measuring coral community health. *IAN eNewsletter*. Retrieved from: http://ian.umces.edu/press/reports/publication/303/coral_health_index_chi_measuring_coral_community_health_2011-03-16
- Klosterman, M. L., & Sadler, T. D. (2010). Multi-level assessment of scientific content knowledge gains associated with socioscientific issues - based instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017-1043.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-310.
- Leeming, F.C., Dwyer, W.O., Porter, B.E., & Cobern, M.K. (1993). Outcome research in environmental education: A critical review. *The Journal of Environmental Education*, 24(4), 8-21.
- Mcinerney, M. J., & Fink, L. D. (2003). Team-based learning enhances long-term retention and critical thinking in an undergraduate microbial physiology course. *Microbiology Education*, 4, 3-12.
- Michaelsen L. K., Knight, A. B., & Fink L. D. (2004). *Team-based Learning: A transformative use of small groups in college teaching*. Stylus Publishing.
- Newhouse, C. (1990). Implication of attitudes and behavior research for environmental conservation. *The Journal of Environmental Education*, 22(1), 26-32.
- Nguyen, D. Q., & Pudlowski, Z. J. (2011, September). *Global issues in environmental engineering education*. Paper presented at the 2nd World Conference on Technology and Engineering Education, Ljubljana, Slovenia.
- Patton, M. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Resasco, J. (2013). Field-based and hands-on ecology labs increase undergraduate interest in the natural world. *Journal of Natural History Education and Experience*, 7, 22-25.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D., Amirshokoochi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 353-376.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Sadler, T. D., Klosterman, M. L., & Topcu, M. S. (2011). Learning science content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of global climate change. In T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 45-77). Dordrecht: Springer.

- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal Research of Science Teaching*, 42, 112-138.
- Shulman, L. (2011). Feature Essays: The scholarship of teaching and learning: A personal account and reflection. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5, Article 30. Retrieved from: <https://doi.org/10.20429/ij-sotl.2011.050130>
- Tsai, C.-Y., & Jack, B. M. (2019). Antecedent factors influencing ethic-related social and socio-scientific learning enjoyment. *International Journal of Science Education*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1595215>
- Wallace, C. S., & Priestley, M. R. (2016). Secondary science teachers as curriculum makers: Mapping and designing Scotland's new curriculum for excellence. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(3), 324-349.
- Wallace, M. L., Walker, J. D., Braseby, A. M., & Sweet, M. S. (2014). Now, what happens during class? Using team-based learning to optimize the role of expertise within the flipped classroom. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25, 253-273.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343-367.
- Zeidler, D. L., & Kahn, S. (2014). *It's debatable! :Using socioscientific issues to develop scientific literacy K-12*. Arlington: NSTA Press.
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research and practice. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education*, volume II (pp. 697-726). New York: Routledge.
- Zeidler, D. L., Herman, B. C., & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1:11. Retrieved from: <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0008-7>

Effects of College Students' Learning through Social Scientific Issue Intervention

Juei-Yu Chiu¹

Abstract

Recently students lack motivation in studying Environmental Microbiology and they still have room for improvement in their learning attitudes and achievements. Furthermore, they also have low concern about the environment. Therefore, this study chose Wanlitong in Kenting, Taiwan as the teaching field, which covers the core knowledge and the Social Scientific Issue of "The impacts of YOHO Beach Resort with treated sewage discharge and the Wanlitong community with untreated domestic sewage discharge on the marine environment". Ninety-six college students participated in one-semester of modified Team-based Learning. Building background knowledge, a field trip, an ecological survey, and water quality tests on local beaches were the classroom activities. Paper-pencil tests, a written report, and a questionnaire were used for multiple assessments. Quantitative results of one-way ANOVA and paired samples t-tests reveal that students' learning efficiency has been significantly improved. Although the high-level thinking skill was not changed significantly, the differences in educational background have been offset. The results of qualitative analysis show that students' performances in "multi-faceted understanding" and "suggestions for innovation" were the best, while "inferential analysis and interpretation based on data" were the worst. Besides, students' environmental attitude was increased. This research applied the leading theory teaching method, introduced an interdisciplinary local social scientific issue into the lesson plan, established a rubric determining reasoning ability, and provided guidance to improve teaching methods for Environmental Engineering students.

Keywords: Social Scientific Issue Teaching and Learning, Core Knowledge, Social Scientific Issue Reasoning, Environmental Attitude

¹ Associate Professor, Department of Environmental Science and Engineering, National Pingtung University of Science and Technology
Corresponding Author: Juei-Yu Chiu, E-mail: rychiou@mail.npust.edu.tw
Received: 2020/04/01; Accepted: 2020/09/17