

專題反思教學應用於PM_{2.5}空汙環境行動課程之學習成效研究

楊登順¹ 許彩梁² 劉品君¹ 顏瓊芬^{3,*}

¹靜宜大學 國際學院

²臺中市和平區博愛國民小學

³東海大學 生態與環境研究中心

摘要

本研究旨於探討專題反思日誌教學運用於細懸浮微粒(Fine Particulate Matter $\leq 2.5 \mu\text{m}$, PM_{2.5})空汙環境行動方案課程前、後，大學生環境教育目標的學習情形、PM_{2.5}空汙環境素養與環境行動方案課程規劃的變化情形。本研究採單組前後測設計，便利取樣選取臺中市某大學共38位學生作為研究樣本，針對永續環境汙染議題、環境教育目標及公民行動方案，進行9次PM_{2.5}空汙議題反思日誌教學，透過合作學習於課堂上完成小組反思寫作任務。本研究利用自編PM_{2.5}空汙環境素養量表、空汙專題反思作業、校園PM_{2.5}空汙防治行動方案報告、訪談大綱、教學反思為研究工具，蒐集大學生的PM_{2.5}空汙環境素養、環境教育目標理解，及校園環境行動方案課程規劃與執行能力。本研究以描述統計、相依樣本t考驗及內容分析進行資料分析，主要發現如下：一、大學生對於PM_{2.5}的空汙認知、空汙風險感知、空汙防治行為皆有進一步瞭解與認同；二、專題反思日誌教學後，對於提升大學生PM_{2.5}空汙環境素養有顯著幫助；三、反思寫作能幫助大學生更加理解環境教育目標之公民行動技能、並有效規劃與執行環境行動方案。最後，針對上述教學與研究結果提出對於提升大學生環境教育目標理解、PM_{2.5}空汙環境素養及環境行動方案規劃與執行相關議題，進行討論與建議。

關鍵詞：反思日誌、空氣汙染、專題式學習、環境行動方案、環境素養

壹、緒論

近來，空氣汙染(air pollution，以下簡稱空汙)已是全球暖化下的共同環境汙染議題，更是臺灣中部地區急需解決的一項在地環境議題。為了保護空氣品質，臺灣在1975年頒

訂了《空氣汙染防制法》，並建立了78處監測站(行政院環境保護署[環保署]，2018；謝百淇、曾靜雯、陳繼成、吳景達，2018)。然而，由於一般成人對於空氣品質的概念十分模糊，對於空氣品質可能衍生的環境風險不夠敏感(徐美苓，2019)、加上對於空汙議題中

*通訊作者：顏瓊芬，cfyen@thu.edu.tw

(投稿日期：民國110年7月1日，修訂日期：民國110年12月14日，接受日期：民國110年12月14日)

的環境素養並不足夠，探討如何經由教育管道提升學生族群空汙環境素養的議題亦顯得迫切需要(楊真真、林瓊瑤、黃琴扉，2019)。本研究認為若能透過環境教育喚起大學生主動察覺空汙問題及環境風險，建構正確環境知識、正向價值觀，及解決空汙問題相關技能，將能促進學生付出實際行動能力。因此，本研究將針對臺中大肚地區的校園空汙議題，依據Engleson與Yockers (1994)提出的教導正面的環境行為課程架構，以五大環境教育目標進行環境行動課程設計，透過實地測量校園PM_{2.5}數值、小組合作撰寫專題反思日誌(reflective journal)與校園PM_{2.5}空汙防治行動方案，進而幫助學生檢視課堂知識與探究知識之學習歷程。

依據研究者過去的課室觀察與教學反思結果，大學生上完環境教育課程後，對於未來投入環教職場的工作目標仍不甚清楚。為了改善這項教學問題，本研究參考《環境教育者預備與專業發展指南》(*Guidelines for the Preparation and Professional Development of Environmental Educators*)提出的環境教育者六大核心能力(包括環境素養、環境教育方案規劃與實施、環境教育基礎、環境教育人員專業責任、促進學習及評量和評鑑)(Archie, 2004)，針對培育學生環境素養及環境教育方案規劃能力進行課程教學改進。再者，研究者從過去教學歷程中發現，筆記式反思日誌只能瞭解個別學生的學習進度，對於提升學生學習興趣、環境素養，以及環境教育方案規劃能力之教學目標仍顯不足。因此，本研究結合專題導向學習(Project-Based Learning, PBL)與反思學習，聚焦在以學生為中心的學習模式，透過在地空汙議題的探討以及專題反思日誌寫作，以提升大學生的環境素養以及環境教育課程規劃能力。因此，本文的研究問題主要有三項：

- 一、專題反思教學對於大學生PM_{2.5}空汙環境素養的學習情形為何？
- 二、專題反思教學對於大學生環境教育目標的學習結果為何？
- 三、專題反思教學對於大學生撰寫與執行校園PM_{2.5}空汙防治行動方案的學習成效為何？

貳、文獻探討

一、PM_{2.5}空汙環境素養與環境行動之相關研究

Disinger與Howe (1992)認為環境素養包括環境知識、情意、技能與行為，但多數學者認為技能是行為的能力，行為則是技能的展現，兩者可合而為一(楊真真等，2019；Shamuganathan & Karpudewan, 2017)，因此環境素養的定義被國內外學者界定為包含環境認知、環境情意與環境行為三大面向(楊真真等)，認為環境素養的涵養能促進環境行動，彰顯環境教育的目標與成效(Roth, 1992)。據此，本研究定義PM_{2.5}空汙環境素養包含空汙認知、空汙風險感知(risk reception)與空汙防治行為三向度。

(一)PM_{2.5}空汙認知

人們對空汙的認知，可分為空汙物質對人體危害的瞭解程度以及對空汙來源的認識。近來，PM_{2.5}已成最受矚目的空汙物質，它是漂浮在空氣中直徑小於2.5微米(μm)的懸浮粒子，會攜帶空氣中的重金屬等有毒物質，從人體呼吸系統進到肺泡，甚至穿透肺泡直接進入血管而隨著血液循環全身(楊真真等，2019)。根據聯合國標準，PM_{2.5}每天24小時平均濃度最高不能超過35 μg/m³，若超過則對老幼、心肺、血管或呼吸系統疾病的人有害(周維倫、曾治乾、葉國樑、黃禎貞、石玲

如，2018)。《遠見雜誌》的調查結果顯示，全臺20歲以上成人有近半知道PM_{2.5}，七成以上知道PM_{2.5}會致癌，卻有近四成受訪者沒有採取任何防護措施，對於危機意識仍顯不足(徐美苓，2019)。至於空汙來源主要包括三大類：自然汙染源(如森林大火)、原生性汙染源(如火力發電廠所產生的重金屬，又稱固定汙染源)以及衍生性汙染源(如汽機車排放的有機碳化合物，又稱移動汙染源)。相關研究指出臺灣PM_{2.5}最大量來源是人為燃燒行為，包含：火力發電、汽機車排放、露天燃燒、焚香燒金紙，以及室內燃燒行為。然而，國內相關調查研究發現，大學生與高中生PM_{2.5}的防治知識測驗的整體平均答對率介於52%~68%之間，且曾經接觸過PM_{2.5}訊息學生的PM_{2.5}知識顯著高於無接觸經驗學生(周維倫等；鄭麗瑤、葉國樑、曾治乾、黃禎貞、葉明祥，2016)。由此可見，民眾對於PM_{2.5}的相關認知可以透過空汙防治教育獲得改善。

(二)PM_{2.5}空汙風險感知

由於PM_{2.5}是無形、無色、無味，一般大眾在態度上對空汙風險感知會有肯定及否定的不同。謝百淇、陳美智與姜幸鐘(2020)根據Kolstø (2006)的五大風險論點，將空汙風險論點分成肯定空汙風險(預防優先[precautionary]及利弊權衡[pros and cons])與否定空汙風險(相對風險及風險不大)。預防優先意指使用預防性原則並優先考慮各種傷害的風險；利弊權衡意指採納更廣泛的知識並逐一列出各種替代方案後，於決定前權衡所有利弊；相對風險意指比較日常生活中常接觸事物所造成傷害的相對強度；風險不大意為生命的本質中本來就充滿了許多小風險，無須為此擔心。謝百淇等的研究發現，肯定空汙風險與空汙防治行為有直接正向效果，否定空汙風險對空汙防治行為是負向的效果。Skamp,

Boyes與Stanisstreet (2004)的調查研究顯示，中小學生(六、八及十年級)較傾向透過教育方式來減少空汙問題，Boyes, Myers, Skamp, Stanisstreet與Yeung (2007)的跨國研究亦發現11~17歲的香港青少年較願意從教育途徑來改變他們看待空汙問題的態度，澳洲與英國學生的空氣品質關心程度與環保行動接受度之間具有正相關。因此，本研究將PM_{2.5}空汙風險感知視為個人的環境汙染態度，是構成PM_{2.5}空汙環境素養面向之一，並認為空汙防治教育可以加強學生對於PM_{2.5}的風險感知。

(三)PM_{2.5}空汙防治行為

為了強調世界公民應具備解決環境問題的技能，部分學者認為負責任環境行為就是直接的環境行動(潘淑蘭、周儒、吳景達，2017；Jensen, 2002)。因此，本文採用謝百淇等(2020)對於空汙防治行為的看法，將負責任環境行為、環境行動與公民參與視為同一概念。Engleson與Yockers (1994)認為想幫助學生成為全心投入解決環境議題的公民，教師須引導學生完成一份實踐公民行動經驗的環境教育方案，讓學生親身經驗說服(如寫信)、消費(如抵制)、政治(如公民投票)、法律(如控訴)、生態管理(如撿拾垃圾)五種環境行動(Hungerford, 1992)。然而，潘淑蘭等的調查研究顯示國內大學生對於參與環境行動的態度並不積極，雖然常做到消費主義行動(如不買皮草皮包等)與生態管理(如不亂丟垃圾)，卻很少做到說服(如鼓勵他人參與垃圾回收)與政治行動(如以投票支持改善環境的活動或法案)。Smith-Sebasto與D'Costa (1995)增加了教育行動(如閱讀書刊)，主張環境教育在協助學生實踐環境行動的重要性。綜上所述，本研究針對研究目的與研究對象之考量，參考Engleson與Yockers及謝百淇等的看法，定義PM_{2.5}空汙防治行為(環境行動)包括說服、經

濟(financial)、政治、親身力行(physical)，以及教育行動五項。

二、環境教育目標與環境議題之相關研究

Carson (1962)因為《寂靜的春天》(*Silent Spring*)一書中描述了殺蟲劑Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane (DDT)對空氣、水質及野生動物的迫害，觸發世人認為需要從環境教育來解決與改善由人類的環境思想與行為偏差所引起的環境問題。由於環境教育是一種能讓個人和社會認識自身環境，並瞭解自我、生物、物理與社會間交互作用之教育過程，從中獲得環境相關知識、技能和價值觀，進而可以從個別或集體層面解決現在和未來的環境問題(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 1978)。因此，教育部1999年即將環境教育納入九年一貫課程之重大議題，且於2011年正式實施《環境教育法》，全面推動環境教育的落實。

Engleson與Yockers (1994)認為環境教育的目標旨於幫助學生成為具備環境意識、環境知識和全心投注的公民，進而對維護生活環境品質善盡社會責任。因此，Engleson與Yockers參考了1975年的《貝爾格勒憲章》(*Belgrade Charter*)、聯合國教育科學文化組織(UNESCO, 1978)與《環境教育課程計畫指導》(*A Guide to Curriculum Planning in Environmental Education*) (Engleson, 1985)的課程目標分類，認為環境教育目標須具備五大項：環境覺知、環境知識、環境倫理、公民行動技能以及公民行動經驗，並提出「教導正向環境行為課程架構」(curriculum framework for teaching positive environmental behavior)提醒教學者在設計環境教育課程時須注重分項目標之間的關聯性與發展順序，例如感官知覺是建構環境知識的過程技能，

而學習美的敏感度有助於發展環境倫理，最後將環境素養與行動經驗內化成個人的正向環境行為。換言之，環境教育除了扮演改善環境問題的關鍵角色(認知)，同時必須引導學生增長環境行動技能與經驗(行為)，幫助學生培養具有永續發展態度以及發展全球性的環境倫理(情意)——一份擔負未來責任及承諾的認知之環境公民。

三、反思日誌教學之相關研究

反思意指個人經過深思熟慮後將經驗化為知識的行動過程，能提升自我覺察與問題解決能力，並達成批判性思考(Ruland & Ahern, 2007)。反思學習倡導人Schön (1983)認為反思能力可透過寫作策略幫助學生發展批判性思考技巧和專業經驗學習。因此，反思寫作能促進學習者對環境議題內容的感知覺察與瞭解，並準備進行環境行動，被視為一種環境教育課程的形成性評量工具(Granit-Dgani, Kaplan, & Flum, 2017)。而反思日誌則是一種常見的反思寫作，教師以開放式問題鼓勵學生在課程活動結束後進行有意義的反思，幫助學生瞭解學習經驗、信念及價值觀(Ruland & Ahern)。Arnold (2012)的研究發現參與環境議題課程探索的60名大學生，經過每週線上書寫反思日誌後，有74%的學生在訪談中表示反思日誌能提高自身對環境議題的認識。

焦點討論法(focused conversation method)又稱為ORID (Objective, Reflective, Interpretive, Decisional)，是用於教導反思日誌寫作內容的常見方法，透過客觀觀察(objective)、情緒反映(reflective)、學理詮釋(interpretive)與行動決定(decisional)的引導提問，促進學習者系統化檢視自我或團體的學習歷程(Stanfield, 2000)。ORID四層次包括：(一)客觀觀察旨於引導學生觀察並描述在活動中最深刻的人事

物；(二)情緒反映旨於引導學生表達經驗活動中的正負面情緒；(三)學理詮釋旨於引導學生描述事件與經驗連結並深度分析發生原因；(四)行動決定旨於引導學生整合經驗後規劃未來行動。周鴻騰(2018)的研究發現反思日誌寫作有助於提升大學生的反思能力，引導「由淺入深」的反思可以幫助大學生思考過程更加具體，促成有效的對話，「由知到行」的解決方案能讓學生提出更整全且永續的真正解決方案。由於本文的研究目的在於透過小組合作進行專題作業書寫與行動方案規劃，進而提升大學生的環境素養、環境教育目標認知，以及環境行動方案規劃與實踐，比較適合使用ORID反思策略，幫助學生在9次課堂專題作業歷程中學習與客觀觀察相關的環境覺知、與情緒反映相關的環境倫理、與學理詮釋相關的環境知識、與行動決定相關的公民行動技能與經驗。因此，本研究選擇ORID作為規劃反思日誌教學的依據。

四、專題導向學習與公民行動方案之相關研究

PBL學者主張在教師適度引導下，學生將透過同儕合作以體驗四個學習階段：感知問題(problem sensing)、形成問題(problem formation)、尋找問題相關線索(search)及解答問題(resolution)，從中培養解決問題的探究能力，最後成為精熟的溝通者與高階問題解決者(Bell, 2010; Blumenfeld et al., 1991; Siegal, Borasi, & Fonzi, 1998)。由於PBL與ORID教學皆源自學生生活周遭的真實問題(authentic question)，針對問題本身進行客觀觀察、主觀感知與尋找線索等系統化探究步驟，並在最後一個學習階段(解答問題、行動決定)引導學生提出解決問題的行動規劃，因此本研究結合PBL及反思學習的理論基礎(Ruland & Ahern, 2007; Siegal et al.)，認為專題反思日誌

教學(Project-Based Reflective Journal Teaching, PBRJT)是一種透過系統化反思寫作協助學生進行環境議題探究的創新教學法，須提供學生體驗四個學習階段，給予規劃及執行行動方案。在專題反思教學歷程中，教師須提供學生探究議題相關知識，以及系統化專題反思作業題綱；學生則須以小組合作逐步完成專題反思寫作，為最後一個學習階段的公民行動方案(project citizen)預做準備。

潘淑蘭等(2017)認為需要教導學生有關公民參與的策略技能，協助學生規劃環境行動計畫以解決當地環境問題。Engleson與Yockers (1994)亦認為在正規環境教育中，公民須學會解決地方性環境課題所具備的公民行動技能，提供學生辨認、調查和解決社區環境議題的經驗。美國公民教育中心(Center for Civic Education [CCE])為了鼓勵中小學生檢視學校或社區重要問題，以議題中心研發一套公民行動方案課程，提供學生積極參與有組織的合作學習機會(CCE, 2008/吳愛頡譯，2020)。方案課程包含四面向：(一)說明問題：說明探究問題的重要性；(二)可行政策：說明此問題的現有政策或其他替代方案；(三)我方政策：訂出多數同學支持的解決方法並說明理由；(四)擬定行動計畫：說明計畫內容如何影響學校或政府，並說服相關行政單位採納所提的公共政策。課程結束前，學生須將學習成果做成四大看板：問題、研究、策略、行動，透過方案展示與文獻說明且回答問題(劉秀嫻，2012；CCE/吳愛頡譯)。由此可知，CCE的公民行動方案是一種具有實踐特性的創新教學模式，與PBL、ORID的學習步驟具有高度相關，皆促進學生從問題感知出發，以具體行動規劃與實踐為學習終點，然目前大多應用於中小學生的社會領域課程研究(陳麗華，2011)，對於大學生族群的環境教育相關研究並不多，且較少協

助學生實際執行行動方案。因此，本研究參考公民行動方案模組課程四大面向，檢視此套課程在高等環境教育的實施成效。

參、研究方法與實施

一、研究設計

本研究採用混合研究法，採用單組前後測設計以探究PM_{2.5}空汙反思日誌教學介入環境行動課程後之立即教學成效(包括PM_{2.5}空汙環境素養的三個子構面：PM_{2.5}空汙認知、空汙風險感知與空汙防治行為，參見表1)；另以PM_{2.5}空汙議題反思日誌、行動方案與訪談等質性資料，瞭解大學生的環境教育學習歷程。最後比較質量化資料，交叉檢驗專題反思作業融入環境行動課程之教學經驗，提出課程規劃改善建議。

二、研究對象

本研究採用便利取樣，邀請修習研究者開設的環境教育之大學生參與，共計38人(男生19人、女生19人；二年級34人、四年級4人)。所有研究對象來自於生態人文學系，皆於大學一年級時期上過全球環境現況、全球環境公約與宣言、臺灣自然環境、生態人文經典閱讀等基礎課程，並全部通過期末學習成效檢核，已具備自然生態環境基本素養與閱讀能力，可以繼續研習環境教育課程並於未來以學歷方式申請環境教育人員認證。

三、課程設計與教學實施

本研究為了完成三項課程目標：(一)學生能具備正確且完整的環境素養；(二)學生能獲得並實踐具體的公民行動技能與經驗；(三)學生能規劃與執行校園PM_{2.5}空汙防治行動方案，主要參考永續環境教育議題、教導正向環境行為課程架構(Engleson & Yockers,

表1：PM_{2.5}空汙環境素養相依樣本 t 考驗分析結果($N = 38$)

變項	題數	前測		後測		t	p	d
		M	SD	M	SD			
PM _{2.5} 空汙環境素養	43	110.18	13.67	114.08	11.84	2.07	.046	0.305
PM _{2.5} 空汙認知	10	6.26	1.72	6.63	1.24	1.06	.295	—
PM _{2.5} 空汙風險感知	13	41.82	5.66	42.47	5.14	1.16	.254	—
肯定空汙風險 ^a	6	20.37	3.00	20.00	2.37	-0.84	.405	—
否定空汙風險 ^b	7	21.45	4.26	22.47	3.75	2.08	.045	0.254
PM _{2.5} 空汙防治行為	20	62.11	9.84	64.97	7.62	1.66	.105	—
說服行動	4	13.53	2.13	13.68	1.65	0.42	.680	—
經濟行動	4	12.39	2.20	13.24	2.19	1.89	.067	—
親身力行行動	4	11.87	2.76	12.37	2.16	1.06	.298	—
政治行動	4	12.68	2.22	12.87	1.63	0.54	.595	—
教育行動	4	11.63	2.92	12.82	1.87	2.34	.025	0.485

註：1.^a預防優先及利弊權衡；^b相對風險及風險不大。

2.效果量： $0.5 > d \geq 0.2$ 為小效果量； $0.8 > d \geq 0.5$ 為中效果量； $d \geq 0.8$ 為大效果量，資料分析參考自 *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.), by J. Cohen, 1988, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

1994)與公民行動方案課程模組，進行為期18週、每週2小時的環境行動課程設計。如表2所示，第1週介紹專題反思日誌寫作；第2週介紹永續環境教育議題；第3～8週介紹環境

教育五大目標，而公民行動技能單元特別安排連續2週，讓大學生重複使用攜帶型PM_{2.5}偵測器實地檢測校園室內外的空氣品質，強化學生的環境議題調查能力；第9～11週介紹公

表2：PM_{2.5}空汙議題課程與反思日誌教學寫作規劃表

週次	上課單元與內容	專題反思寫作題綱	ORID	教學活動
1	課程說明 專題反思寫作介紹	無	無	講授
2	環境議題 (R1)	環境教育議題 1.環境議題融入中小學課程包含五大學習主題：環境倫理、永續發展、氣候變遷、災害防救、能源資源永續利用。請問這五大學習主題的重要性排序如何？ 聯合國SDGs 2.哪一項SDGs與全球環境汙染議題最有關聯？為什麼？ 臺灣永續發展目標 3.哪3項SDGs目標是臺灣目前最需要積極推動的？為什麼？	I I I	講授 討論 寫作
3	環境覺知 (R2)	環境問題觀察 1.我們如何立即察覺生活周遭的空氣品質？ 環境問題測量 2.有什麼測量工具可以幫助我們得知日常空氣品質？ 環境問題分析 3.自行蒐集的空氣品質數據，可以用什麼方式進行分析？如何呈現結果？ 環境問題解說 4.有什麼外在因素會影響我們的日常空氣品質？ 環境敏感度 5.學校附近空氣品質最好與最差各在哪裡？請寫下理由與感受。	O O D I OR	講授 討論 寫作 水質檢測
4	環境知識 (R3)	自然環境運作 1.空氣汙染對自然生態的影響為何？PM _{2.5} 對人體健康有何危害？ 人類活動對自然環境運作的影響 2.有哪些人類活動直接製造了PM _{2.5} 空氣汙染？主要的PM _{2.5} 空氣汙染源為何？ 空氣盒子感測原理 3.空氣盒子可提供即時PM _{2.5} 監測資料、溫度與相對濕度資訊，請上網查詢並記下空氣盒子的感測原理。	I I OI	空氣盒子操作練習1
5	環境倫理 (R4)	願意／滿足反應 1.從觀看PM _{2.5} 空汙相關書籍及影視作品中，可獲得什麼價值觀？ 價值判斷 2.為什麼PM _{2.5} 是全球公民需要探討的一項空汙環境議題？ 價值的特徵表現 3.如何從生態、經濟、社會和政治面向，評判PM _{2.5} 空汙議題和問題？	R I I	空氣盒子練習2
6～7	公民行動技能(R5)	環境調查能力 1.請共同使用空氣盒子進行空氣品質檢測，並以調查數據提出PM _{2.5} 每天24小時平均濃度(35 µg/m ³)超標的校園空汙地點。	D	空氣盒子實地調查行動1

表2：PM_{2.5}空汙議題課程與反思日誌教學寫作規劃表(續)

週次	上課單元與內容	專題反思寫作題綱	ORID	教學活動
	環境預防能力	2.請提出上列校園空汙地點PM _{2.5} 的可能汙染源，及具體預防方法。	ID	
	公民參與能力	3.我們可以透過哪些具體行動來解決校園PM _{2.5} 空汙問題處？	D	
8	公民行動經驗(R6)	1.針對小組調查發現的校園空汙問題，可以採用哪些公民行動方法(說服、消費行動、政治行動、法律行動及生態管理)獲得解決？請說明選擇原因與具體做法。	ID	空氣盒子實地調查行動2(3次空氣品質最差)
	考慮行動是否正確的決定	2.請依據Hungerford (1992)的13項行動方案檢核項目，確認小組校園PM _{2.5} 空汙改善行動方案是否正確？	ID	
	行動效力評量	3.請針對小組提出的「防治校園空汙行動方案」，試著提出執行上可能遇到的困難？可以如何進一步解決？	ID	
9~11	公民行動方案(R7~R9)	1.規劃與執行「防治校園空汙行動方案」時，哪些人、事、物讓你們留下深刻印象？你們從中觀察到什麼？	O	討論 寫作 行動方案規劃
	可行政策	2.規劃與執行「防治校園空汙行動方案」時，過程中讓你們覺得感動、驚訝、意外的地方為何？	R	
	我方政策	3.規劃與執行「防治校園空汙行動方案」時，你們學到什麼新東西？	I	行動方案修正
	擬訂行動計畫	4.規劃與執行「防治校園空汙行動方案」時，你們覺得哪些方案內容需要改變？必要的後續行動又為何？	D	

註：1.R1~R9表示9次專題反思寫作任務；第12~18週的上課單元內容分別為：小組行動方案晤談(12~15週)、實作成果口頭報告(16~17週)、繳交成果書面報告(18週)，皆無反思寫作。

2.ORID：客觀觀察(Objective)、情緒反映(Reflective)、學理詮釋(Interpretive)及行動決定(Decisional)；SDGs：永續發展目標(Sustainable Development Goals)。

民行動方案課程模組，上課內容包括：(一)說明問題(如說明此項問題的重要性、哪些人對此問題有興趣)、(二)可行政策(如找出可以解決所選問題的現有政策或任何想法)、(三)我方政策(如列出這項新議案的優缺點、列出這項新議案與聯合國永續發展目標[Sustainable Development Goals, SDGs]的關聯性)、(四)擬訂行動計畫(如臚列具體行動)；第12~15週由授課教師輪流與各小組進行行動方案晤談，未進行晤談的其他小組則依據方案進度實際

執行計畫；第16~17週為期末小組實作成果口頭報告；第18週提交小組成果書面報告。

本研究的專題反思教學規劃與執行如表2所示，透過課堂講授與9次專題反思寫作，引導學生精熟永續環境教育議題、五大環境教育目標及行動方案撰寫要點。下課前30分鐘，每人須透過小組(3~5人)討論完成專題作業單上1~5項寫作任務、線上查詢、上傳作業至網路學園，提供師生線上觀看與回饋。本研究亦邀請戶外教育專家進行協同教學，

引領學生使用攜帶型PM_{2.5}偵測器進行空氣品質調查(R5 ~ R6)、並撰寫行動方案。所有學生依據檢測及寫作結果，初擬行動方案後，先於期中進行5分鐘小組口頭簡報，再依期中報告修正結果、連續3週的期末小組晤談與最後3次的專題作業(R7 ~ R9)結果，完成期末行動方案。最後，在課程結束時邀請大學生進行焦點團體訪談，再從PM_{2.5}空汙環境素養量表後測得分之前27%學生界定為高分組，後27%為低分組(Cureton, 1957)，在高分組與低分組中隨機各取4位學生，共計8人(男生3人、女生5人)，進行深度訪談，據此瞭解高、低環境素養大學生在環境教育目標與環境行動方案規劃等學習情形的差異性，以提供未來相關課程與教學之參考。

四、研究工具

(一)PM_{2.5}空汙環境素養量表

本研究依據PM_{2.5}空氣汙染之態度與認知

量表、風險論點量表及空汙防治行為量表(謝百淇等, 2018, 2020)，自編一份PM_{2.5}空汙環境素養量表(共計43題)，於期初、期末進行前測與後測。空汙認知分量表共計10題(表3)，皆沿用謝百淇等(2018)的知識題目，內部一致性(Cronbach's α)為.71，試題反應理論(Item Response Theory, IRT)資料模式適配度介於0.71 ~ 1.13之間，採單選題從正確／不正確／不知道進行作答(前五題答案為不正確)，分別以1、0、0計分，最高分為10分。其次，空汙風險感知分量表與空汙防治行為分量表合計33題(表4)，IRT信度介於0.66 ~ 0.81之間，資料模式適配度介於0.80 ~ 1.26之間。空汙風險感知分量表(13題)包括預防優先(3題)、利弊權衡(3題)、相對風險(4題)與風險不大(3題)等四構面，每一構面各3 ~ 4題，後7題皆為反向題；空汙防治行為分量表(20題)包括說服行動(4題)、經濟行動(4題)、親身力行行動(4題)、政治行動(4題)與教育行動(4題)等五構面，每

表3：大學生PM_{2.5}空汙認知之前測、後測描述統計結果(N = 38)

PM _{2.5} 空汙認知	前測			後測		
	M	SD	答對數(%)	M	SD	答對數(%)
C1 PM _{2.5} 是空氣中直徑小於2.5奈米的細懸浮微粒	0.21	0.41	8 (21.1)	0.16	0.37	6 (15.8)
C2 在家庭的真實環境中，市售空氣清淨機開機1小時後大約能去除約70%到80%的PM _{2.5}	0.21	0.41	8 (21.1)	0.16	0.37	6 (15.8)
C3 南投與嘉義等較純樸的鄉鎮不須擔心PM _{2.5} 超標	0.95	0.23	36 (94.7)	0.89	0.31	34 (89.5)
C4 PM _{2.5} 是地球暖化的主要原因	0.71	0.46	27 (71.1)	0.87	0.34	33 (86.8)
C5 PM _{2.5} 會隨著地心引力而飄落，不會在空氣中飄太久	0.79	0.41	30 (78.9)	0.76	0.43	29 (76.3)
C6 原生性的PM _{2.5} 是由鍋爐或車輛所排放	0.47	0.51	18 (47.4)	0.50	0.51	19 (50.0)
C7 建物塗料或生活汙水等化學物質經過化學反應後會產生衍生性PM _{2.5}	0.55	0.50	21 (55.3)	0.71	0.46	27 (71.1)
C8 PM _{2.5} 會吸附空氣中的有毒物質，進而對人造成傷害	0.87	0.34	33 (86.8)	0.82	0.39	31 (81.6)
C9 PM _{2.5} 會傷害人體的呼吸系統、大腦及心血管	0.92	0.27	35 (92.1)	0.97	0.16	37 (97.4)
C10 環保署空氣品質指標300以上之指標值為危害等級(褐紅色)	0.58	0.50	22 (57.9)	0.79	0.41	30 (78.9)

註：粗體表示後測答對數(%)高於前測。

表4：大學生PM_{2.5}空汙風險感知與空汙防治行為分量表之前測、後測描述統計結果(N = 38)

因素名稱		因素構面內容	前測			後測		
			M	SD	排序	M	SD	排序
空汙風險感知分量表								
預防優先 (3題)	Rr1	即使PM _{2.5} 可能只會造成一點危害，我們也應該設法減少它的傷害	3.61	0.64	2	3.61	0.50	1
	Rr2	我們應該支持任何可以降低PM _{2.5} 造成危害的措施	3.45	0.65	4	3.16	0.64	9
	Rr3	某些措施能降低PM _{2.5} 的危害，即使成效不高或成本昂貴，我們也都應該支持	2.87	0.94	11	2.84	0.75	10
利弊權衡 (3題)	Rr4	我想要瞭解PM _{2.5} 除了造成人體傷害之外，還有哪些影響	3.32	0.66	7	3.42	0.50	4
	Rr5	我支持PM _{2.5} 的防治，但我需要知道總共有哪些解決方案	3.50	0.65	3	3.45	0.60	3
	Rr6	我支持PM _{2.5} 的防治，但我需要先瞭解各種防治方案可能帶來的後果與影響	3.63	0.59	1	3.53	0.56	2
相對風險 (4題)	Rr7	肺癌只有很少的案例是空氣汙染(簡稱空汙)所造成的，所以空汙致病的機率其實很低 ^a	3.16	0.92	9	3.26	0.72	6
	Rr8	塵蟎、揮發性有機物及室內的有毒氣體對於身體的傷害都比PM _{2.5} 還嚴重 ^a	2.47	0.76	12	2.63	0.75	11
	Rr9	在所有的環境汙染之中，一直強調空汙未免有點危言聳聽 ^a	2.92	0.91	10	3.21	0.78	7
	Rr10	相較於生活中的風險(如坐飛機、過馬路的風險)，空汙的風險其實不大 ^a	2.92	0.91	10	3.18	0.61	8
風險不大 (3題)	Rr11	我們的生活中隨時充滿危險，所以PM _{2.5} 的議題並不需要太擔心 ^a	3.37	0.71	5	3.45	0.65	3
	Rr12	PM _{2.5} 並沒有那麼危險，畢竟不是排放廢氣的人故意要造成那些傷害 ^a	3.29	0.73	8	3.42	0.68	4
	Rr13	我並不相信PM _{2.5} 真的那麼危險，宣稱PM _{2.5} 會致命的說詞有點言過其實了 ^a	3.32	0.70	6	3.32	0.70	5
空汙防治行為分量表								
說服行動 (4題)	P1	我會勸告家人或朋友儘量少抽菸	3.55	0.69	1	3.50	0.51	2
	P2	我會鼓勵他人一起來改善住家或社區的空氣品質	3.21	0.70	6	3.37	0.54	6
	P3	我會鼓勵他人多搭乘大眾運輸工具，以減少空汙	3.26	0.76	5	3.32	0.53	8
	P4	我會鼓勵他人多購買有環保或節能標章的商品	3.50	0.65	2	3.50	0.56	2
經濟行動 (4題)	P5	我認為危害空汙者應該負擔起他所造成的損害	3.50	0.56	2	3.53	0.51	1
	P6	我願意付出一些金錢來購買空氣清淨機(或相關設備)	3.08	0.71	7	3.34	0.63	7
	P7	我願意捐款給關心空氣品質的環保團體	2.82	0.83	12	3.21	0.70	11
	P8	我願意使用較環保的電力，即使比較貴	3.00	0.90	9	3.16	0.72	12
親身力行 行動(4題)	P9	如果要出門，為了避免吸入更多廢氣，我會避開交通高峰期	2.97	0.94	10	3.03	0.64	13
	P10	空汙嚴重時，我出門會戴口罩	3.21	0.78	6	3.42	0.60	5

表4：大學生PM_{2.5}空汙風險感知與空汙防治行為分量表之前測、後測描述統計結果(N = 38)(續)

因素名稱	因素構面內容	前測			後測		
		M	SD	排序	M	SD	排序
	P11 外出時，我會搭乘大眾運輸工具、腳踏車或走路來代替自行開車或騎機車	3.03	1.03	8	2.95	0.84	15
	P12 我會用手機軟體或上環保署網站查看環境中的PM _{2.5} 濃度指數	2.66	1.05	14	2.97	0.82	14
政治行動 (4題)	P13 我認為在臺灣，一般民眾影響環保政策的機會非常有限	2.92	0.91	11	2.92	0.78	16
	P14 投票時，我會因為某候選人提出環保政策而投他一票	3.08	0.67	7	3.03	0.75	13
	P15 我認為民眾的參與有助於提升環保政策的品質	3.39	0.64	3	3.47	0.60	3
	P16 我認為民眾有能力提出對環保政策有建設性的建議	3.29	0.65	4	3.45	0.56	4
教育行動 (4題)	P17 我會關注空汙相關的議題資訊並參加相關環境教育研習	3.00	0.81	9	3.24	0.68	10
	P18 我未來會帶領學生參加社區或公園的環境清潔活動	2.68	0.90	13	2.97	0.75	14
	P19 我未來會將空汙有關的知識融入生活或班級經營中	2.97	0.85	10	3.29	0.46	9
	P20 我未來會將空汙有關的知識融入教學情境或評量測驗中	2.97	0.79	10	3.32	0.53	8

註：1.粗體表示後測平均數高於前測。

2.*表示反向題。

一構面各4題。兩分量表皆採李克特四點量表(Likert scale)，從非常不同意到非常同意，分別以1、2、3、4計分。

(二)空汙專題反思作業

如表2所示，本研究採用9 (1 + 5 + 3)次專題反思寫作任務，第1次寫作任務主題(R1)先針對永續發展融入環境教育議題為討論焦點，中間5次主題(R2 ~ R6)依據Engleson與Yockers (1994)的「教導正面的環境行為課程架構」之五大構成要素(環境覺知等)進行設計，最後3次主題(R7 ~ R9)則指定校園與社區空汙議題的小組探索、踏查及提出環境行動方案。9次寫作任務各提供1 ~ 5道問題，反思題目與ORID的對應皆依據該週上課單元內容進行設計。例如：第2次寫作任務(R2)的5道

題目以對應「環境覺知」為主(比如我們如何立即察覺生活周遭的空氣品質?)，因此內容較聚焦於客觀觀察之反思層次；第5、6次寫作任務題目以呼應「行動技能與經驗」為主(例如行動技能提問為：請共同使用空氣盒子進行空氣品質檢測，並以調查數據提出PM_{2.5}「每天24小時平均濃度(35 µg/m³)」超標的校園空汙地點；行動經驗提問為：針對小組調查發現的校園空汙問題，可以採用哪些公民行動方法獲得解決?)，因此內容設計的反思層次大多為行動決定；然而，第7 ~ 9次寫作任務因應公民行動方案的上課內容，因此題目內容分別依據ORID四層次進行題綱設計(詳見表2)。本研究使用網路教學平臺讓學生上傳9次小組反思作業，並鼓勵學生利用課餘時間自行上網進行同儕閱讀與回饋，但基於

自主學習精神，學生自行上網閱讀與回應行為並不計入學期成績中。

(三)校園PM_{2.5}空汙防治行動方案報告

如表2所示，本研究透過9次專題反思寫作之合作學習，引導大學生逐步擬定與規劃一份校園PM_{2.5}空汙防治行動方案。在前6次PBRJT中，特別安排連續3週時間(第6～8週)提供組內學生使用攜帶型PM_{2.5}感測器一起從探索、踏查到提出行動方案草案(期中作業)；最後3次反思日誌寫作則聚焦在規劃校園空汙防治行動方案(第9～11週)，另安排3週(第12～15週)的晤談時間提供每組學生進行行動方案之執行與修正，並於期末進行口頭報告後再提出書面報告，作為檢視大學生環境教育方案課程規劃能力的學習成效。

(四)業師教學意見表

本研究為了瞭解業師協同教學對於大學生學習成效的影響，於課程結束時使用業師教學意見表蒐集學生對業師教學的個人看法，指導語為：「為提供更務實的課程內容，加強學用合一之應用能力，同時作為學校未來課程規劃設計之參考，麻煩您針對業師授課後提供您的修課感想並撰寫此份心得報告」。

(五)訪談大綱

本研究為了瞭解大學生參與PBRJT後的合作學習成效及個人看法，使用焦點討論法及周鴻騰(2018)從四個反思面向ORID發展的題綱，自編4題焦點團體訪談大綱，例如：1.這學期的整體上課內容，有哪些是您們印象深刻的人員、事情或東西呢？(客觀觀察)；2.這學期以小組合作學習的模式進行，您們的感覺如何呢？(情緒反映)；3.各週的專題作業與行動方案的寫作規劃過程，對您們的學

習有什麼樣子的幫助(學理詮釋)；4.經過一學期的「校園空氣汙染探討」之後，您們接下來有什麼樣的行動？(行動決定)。

其次，針對課程教學活動內容，自編9題深度訪談大綱。訪綱結構包含五項：1.第1～4題主要回應研究問題一，分別從知識、態度、技能與行動經驗來瞭解大學生環境素養的改變情形，例如：「本學期課程結束後，你會不會主動將學到的知識分享給親朋好友？」；2.第5題主要回應研究問題二，想瞭解專題反思教學對大學生環境教育目標的學習效益為何，例如：「本學期的專題作業，讓你更瞭解哪些環境教育目標？」；3.第6題主要回應研究問題三，想瞭解專題反思教學對大學生規劃行動方案的學習效益為何，例如：「你覺得哪些專題作業對於期末行動方案規劃提供具體幫助？」；4.第7～8題想瞭解透過小組學習方式進行專題作業的個人看法，例如：「你喜歡小組一起合作書寫專題作業嗎？還是自己獨立完成？為什麼？」；5.第9題則想瞭解學生參與本課程的整體想法，例如：「你對於本學期的課程內容與教學活動，有何個人想法或建議？」。

(六)教學省思札記

本研究為了瞭解大學生參與專題反思寫作學習的教師看法，除了研究者本身記錄的教學省思，也特別邀請協同教師提出參與本研究教學過程的個人想法、意見與建議。

五、資料處理與分析

本研究使用SPSS 20.0與MAXQDA (Version 2020; VERBI Software, 2020)統計軟體進行質量化資料分析，以描述統計、相依樣本 t 考驗、主題內容分析(Patton, 2002)，檢驗經過PBRJT後大學生環境教育目標的理解

情形，以及PM_{2.5}環境素養與環境行動方案規劃的改變情形。質性資料檢索如表5所示，本研究為了對應量化資料分析結果，依據環境素養量表構面(知識、情意、技能及行動參與)與環境教育目標(覺知、知識、倫理、行動技能及行動經驗)作為預設編碼表，受於篇幅限制，編碼僅以「技能」的「行動技能」為例進行說明(表6)。兩位編碼者皆受過質性相關方法論的訓練，先對整體文本內容反覆沉浸閱讀，再從文本中找出與環境素養、環境教育目標相關且具意義之描述，並對此編碼。

六、研究倫理

本研究所有參與對象皆於課程實施前簽署「參與研究同意書」，並於訪談後審核逐

字稿內容，以作為訪談資料可驗證性之研究參與者檢證依據。

肆、研究結果與討論

一、大學生PM_{2.5}空汙環境素養之改變情形

由表1顯示：大學生PM_{2.5}空汙環境素養前後測平均數差異達統計顯著($p < .05$)，達低度效果量($d = 0.305$) (Cohen, 1988)，後測平均數($M = 114.08$)顯著高於前測平均數($M = 110.18$)。另從PM_{2.5}空汙環境素養構面的分析結果顯示，「PM_{2.5}空汙風險感知的否定空汙風險」與「PM_{2.5}空汙防治行為的教育行動」的前後測差異亦達統計顯著($p < .05$)，達低

表5：資料檢索表

資料類別	編碼舉例	意義
反思日誌	Re-P1-G1-1090929	Re為資料類別英文代號，P1代表專題作業編號，G1代表組別編號，後7碼為日期
行動方案	Ac-G1-01-1100112	Ac為資料類別英文代號，G1代表組別編號，01代表學生編號，後7碼為日期
業師教學	Pr-G1-01-1100112	Pr為資料類別英文代號，G1代表組別編號，01代表學生編號，後7碼為日期
焦點訪談	Fo-G1-01-1100112	Fo為資料類別英文代號，G1代表組別編號，01代表學生編號，後7碼為日期
深度訪談	In-G1-01-1100223	In為資料類別英文代號，G1代表組別編號，01代表學生編號，後7碼為日期
教學省思	Jo-T1-1100224	Jo為資料類別英文代號，T1代表教師編號，後7碼為日期

表6：資料編碼表

環境素養	環境教育目標	內容	範例
技能	行動技能	調查技能	我們決定此次及上週的測量位置是○○學餐與○○學餐，而也在資料結果上有了一個對比。(Re-P5-G3-1091027)
		預防能力	若校園想要減少空氣汙染的話，可進行車輛入校的數量限制，改採取增加公共接駁車的模式來進行校園巡迴。(Re-P5-G5-1091027)
		參與能力	減少吃一些油炸的食品，可以減少因油炸所產生的廢氣汙染。(Re-P5-G8-1091027)

度效果量($d = 0.254 \sim 0.485$)，後測平均數($M = 22.47$ 與 12.82)皆顯著高於前測平均數($M = 21.45$ 與 11.63)。由此可知，大學生上完課後的 $PM_{2.5}$ 空汙環境素養差異達統計顯著，除了肯定空汙風險($M = 20.37$ vs. 20.00)的前後測平均數得分變化不大，其餘 $PM_{2.5}$ 空汙環境素養構面的後測平均數得分皆略有提升。

由表3得知，經PBRJT後，大學生對於 $PM_{2.5}$ 的空汙認知情形大多有所提升。後測答對率大多在七成以上($71.1\% \sim 97.4\%$)，只有3題(C1、C2及C6)的後測答對率未過半($15.8\% \sim 50.0\%$)，顯示學生對 $PM_{2.5}$ 空汙認知有進一步瞭解。另從後測答對率成長幅度來看，第C10題的空氣品質指標值平均數($M = 0.79$)與答對率(78.9%)變化最大，多了前測 21.0% ，但對於 $PM_{2.5}$ 的標準測量單位「微米」(C1)、市售空氣清淨機的使用功效(C2)，以及 $PM_{2.5}$ 原生性汙染源的認識(C6)仍有改進空間。

續由表4得知，大學生 $PM_{2.5}$ 空汙風險感知的後測平均數最高分為Rr1 ($M = 3.61$)，其次為Rr6 ($M = 3.53$)，最低分為Rr8 ($M = 2.63$)； $PM_{2.5}$ 空汙防治行為的後測平均數最高分為P5 ($M = 3.53$)，其次為P1與P4 ($M = 3.50$)，最低分為P13 ($M = 2.92$)。由此可知，大學生經PBRJT後對於 $PM_{2.5}$ 肯定空汙風險感知(預防優先及利弊權衡)，以及 $PM_{2.5}$ 空汙防治行為之說服行動與經濟行動的認同度相對較高；反之，大學生對於 $PM_{2.5}$ 否定空汙風險感知(相對風險)與 $PM_{2.5}$ 空汙防治行為之政治行動的看法尚有改進空間。另從訪談分析結果顯示，上完本課程後大學生能強化環境風險感知：「其實空汙不是他們自己高興的事就好，是這個區域的人要該擔心的東西」(Fo-G4-01-1100112)，逐步從親身實踐在地環境行動中獲得新發現與體會：「上完這門課之後，那種感覺就是更明顯……車子開過去的廢氣，一坨東西在那邊的那種感覺，還是

把口罩戴上去吧」(Fo-G4-04-1100112)。「我覺得就是可能會從最小的事情開始做起，就是能夠去影響，就減少那個空汙的產生。然後比如說可以走路就儘量走」(In-G4-08-1100112)。

二、大學生環境教育目標之學習情形

(一)小組環境教育目標學習歷程

參與本研究的所有大學生經過連續9次共同完成的小組專題反思作業後，9組(每組約3 ~ 5人)學生皆能逐步完成一份具有組內共識的校園 $PM_{2.5}$ 空汙防治行動方案，包括：1.改善學餐空氣品質、2.檢測鄰近方濟樓大肚山溫濕度瞭解火災、3.學餐空氣品質改造計畫、4.靜園室內空氣改善、5.校園與社區空氣汙染防治、6.改善校園大型車空汙行動、7.你「癮」了嗎、8.降低汽機車使用改善校園空汙海報宣導、9.校園空汙探討。由專題反思作業內容結果顯示，9組學生的小組行動方案規劃方向皆能在五項環境教育目標的適切回應下完成。

如表7可知，在專題反思日誌寫作引導下，第3組學生於第1次的環境議題單元(R1)即已確立「永續消費與生產」與環境汙染議題的相關性，並於第5次的公民行動技能單元(R5)基於實地 $PM_{2.5}$ 檢測數據、現場訪談與組內討論結果，決定增加植栽是最可行的環境行動策略，而第6次的公民行動經驗單元(R6)則能選出三種解決方案(說服、消費行動及生態管理)提供後續公民行動方案的規劃方向。最後，該組學生經過三次的方案執行與修正(R7 ~ R9)，順利完成了信件說服(校方總務處事務組)、消費行動(學餐廠商願意購置盆栽)以及期末報告「學餐空氣品質改造計畫」(表7)。由此可見，專題作業提供學生按部就班

表7：環境汙染專題反思日誌寫作內容(第3組：學餐空氣品質改造計畫)

次數	單元名稱	內容簡述
1	環境議題	消費體現消費者的物質生活……使人類消耗地球的有限資源，造成某種程度的環境汙染。我們覺得第12項確保永續消費與生產方式與全球環境汙染議題最有關聯。(Re-P1-G3-1090922)
2	環境覺知	臺中的幾根煙囪、移動空氣汙染源、對岸飄來的(偶爾)、餐飲業油煙、牛的甲烷、焚化爐等外在因素會影響我們的日常空氣品質。(Re-P2-G3-1090929)
3	環境知識	提高過敏、氣喘、肺癌、心血管疾病、肝癌、血液疾病等危害發生機率。(Re-P3-G3-1091006)
4	環境倫理	想去評判PM _{2.5} 的空汙議題，並不能從單一面向下手，但基於人人裝睡在自己的舒適圈，要你改變而不是我改變的僵持下，評判並行動便是一件很困難的事。(Re-P4-G3-1091013)
5	公民行動技能	校園PM _{2.5} 檢測結果：學餐室內(30 µg/m ³ 、25 µg/m ³ 、30 µg/m ³)。我們這組認為於室內增設空氣清淨機會是一個不錯的選擇……單純把室內的空氣抽到室外並不能解決問題……比較可行的方式是於室內增設空氣清淨機及種植植栽，其中增加植栽是比較有可能達成的行動。(Re-P5-G3-1091027)
6	公民行動經驗	校園PM _{2.5} 檢測結果：學餐廚房(16 µg/m ³)、宜園小廚(21 µg/m ³)、餐桌(14 µg/m ³)。我們可以以說服、消費行動及生態管理這幾個方法解決……像是向店家說明及勸說……可以鼓勵民眾購買及種植植栽在餐廳……可以請清潔阿姨早上順手幫植栽澆水。(Re-P6-G3-1091103)
7	公民行動方案1	調整部分會依方案實行過程需要來改進。至於必要的後續行動，本組認為此方案無論成功與否都應嘗試，讓更多的人知道並瞭解空汙染不是不超標就可以忽視。(Re-P7-G3-1091117)
8	公民行動方案2	我們認識了更多耐陰植物，也學到原來樹形是綜合樹的根、莖、枝、葉所需要的盆栽形狀都不一樣，且不同植物淨化空氣的能力各有強項，例如有揮發性有機物質的植物、二氧化碳與落塵的植物……我們信件的內容又做了修改，因此延後了發信的時間。(Re-P8-G3-1091124)
9	公民行動方案3	在這個禮拜我們終於將大家的意見整合，完成了我們的信件並寄出。我們的時間規劃需要再做調整，我們的核心內容也有改變。(Re-P9-G3-1091201)

學習環境教育目標，尤其是分項目標「公民行動經驗」讓學生確實體驗行動付出所需具備的意志力與續航力。例如，第3組的執行方案反思結果顯示：「這次的結局是好的，是出乎意料的……很感謝有這次的機會，讓意志力、持續力不足的我們有這樣的經驗，去實實在在地做一件事，是一次很好的課堂經驗、報告經驗」(Ac-G1-01-1100112)。

從質性資料分析結果顯示：專題反思日誌寫作能幫助大學生透過資料檢索與小組討論後，更能進一步思考SDGs的細項目標，例如：「SDGs這個第一堂課，有讓我們更努力

去思考，這一個目標之所以制訂的一些細則是什麼」(In-G5-01-1100223)；對於五項環境教育目標的學習也受惠良多，尤其是公民行動技能與公民行動經驗兩項分項教育目標的感受最為明顯，例如：

我們學會如何使用PM_{2.5}的測量儀器，也經過多次測量，蒐集數據，然後擬定一個可以針對空氣汙染改善的行動。(Pr-G5-04-1100112)

有空汙盒子那個課程的時候，就是小組可以到外面實地去測量，然後發現，其實我們覺得空氣應該很糟

糕的地方，像是工地，就也沒有想像中那麼糟，然後原本以為空氣應該要很好的地方，結果它卻是蠻糟糕的……可以把那個知識然後化為行動。(Fo-G5-01-1100112)

由此可見，專題反思作業提供了實地情境學習平臺，讓學生更瞭解如何使用工具蒐集科學數據，提供規劃與執行行動方案的基礎，並透過科學實徵資訊將課堂知識與經驗知識(如空氣品質測量經驗)轉化成具體行動(如寫信說服行動)後，重新反思環境覺知與實證經驗的落差。

(二)高低分組學生的環境教育目標學習情形與差異性

深度訪談分析結果顯示，高、低空汙

環境素養大學生對於五項環境教育目標的理解最多為「公民行動技能」與「公民行動經驗」(表8)，顯示空汙環境素養程度似乎並不會影響大學生在公民行動技能與經驗的學習情形，但高空汙環境素養學生在環境知識的理解，以及低空汙環境素養大學生在環境倫理的感受上，似乎較容易受到PBRJT介入而有明顯的學習差異。

綜上所述，透過專題反思作業可以提供高空汙環境素養學生較明顯的學習環境教育目標，但對於低空汙環境素養學生的環境教育目標學習較為有限。高分組學生除了具有較高的行動實踐信心，對於付出行動所需具備的自我規劃及同儕討論有助於思考等重要性，顯然比低分組學生的環境教育目標學習感知更加明顯。

表8：PM_{2.5}空汙環境素養高、低分組深度訪談結果：環境教育目標

目標	高分組(N=4)	低分組(N=4)
環境覺知	學到更加注意身處環境中有哪些問題……可能平常比較不會去看到的地方。(In-G8-02-1100223)	無
環境知識	就是你要對它要有一定瞭解，不然你在做這個方案也不好做。(In-G6-03-1100223)	無
環境倫理	無	跟剛剛講的一樣，發現跟自己相關後就會更關注這個議題，所以就想要做一些改變。(In-G1-02-1100223)
公民行動技能	印象最深刻的是公民行動技能。我記得是大家拿著空氣盒子去學校找超標的空汙地點。那時候我們原本設想可能空氣品質會很糟糕的地方，但是我們測出來反而會覺得還好。但……我們認為不會有空氣品質……汙染嚴重那麼高的地方，反而就是異常地高。(In-G5-01-1100223)	感受最深刻的是關於公民行動技能……像我們有想過，如果在學餐前面發問卷可能會沒有人願意填……我們後來就決定用網路問卷去訪問這些大學生……後來我們做了問卷，我才切實感受到這項作業是真的有在往前邁進……因為看到很多人回覆問卷，讓我比較有動力說，他們都這麼用心幫我們問卷做完了，那我要好好把他們提出來的東西，彙整成一份資料。(In-G9-02-1100223)
公民行動經驗	開始去制定一個計畫到去實行，那一個階段才是我覺得最重要的經驗收穫。不管做什麼事情，計畫總是最優先的，我覺得像我們一起討論時，如果擔任發起者角色，能得到的經驗值也較多，因為有刺激思考這個部分。(In-G6-03-1100223)	我們當初在實行之前有想過，如果我們在學餐前面發問卷可能會沒有人願意填，或是說你當面直接問人家，他們可能會語塞回答不出來。所以我們後來就決定說用網路的問卷方式，然後去訪問這些○○大學的學生這樣子，會比較適合我們的行動方式。(In-G9-02-1100223)

三、校園PM_{2.5}空汙防治行動方案之執行歷程與結果

(一)執行理念與緣起

9組學生在專題反思作業的引導下，有些組別即能透過第一層次客觀觀察與第三層次的學理詮釋後，感知問題並準備規劃行動方案內容。例如在期末行動方案報告中顯示，第5組學生觀察燃燒稻草所引起的空汙會造成在地居民的呼吸系統疾病，以及交通安全問題，因此萌發「廢物再利用」的想法：「燃燒能快速清理稻草和廢棄物，卻產生許多空汙，會造成當地居民呼吸系統問題，也會造成附近視野不佳導致行車危險，所以我們這組提出用稻草為原料做手抄紙來做解決」(Ac-G5-03-1100112)；另外，第2組學生能連結其他課程所學到的森林防災相關測量技能，將之作為組內行動方案的發想，例如：「這學期學到測量山林火災危險指數的方法，因此想做大肚山溫、濕度的測量」(Ac-G2-02-1100112)。

(二)執行成果

9組學生經過連續9次共同完成的小組專

題反思作業後，皆能逐步完成一份具有組內共識的校園PM_{2.5}空汙防治行動方案。由表9所示，具體方案包括：學生餐廳空氣品質改善計畫(第1、3、4組)、校外大肚山溫、溼度檢測計畫(第2組)、社區空汙防治計畫(第5組)、校園車輛與抽菸空汙改善行動(第6、7、8、9組)。依方案主題可分成「減緩」與「降低」兩大類型，環境行動策略大多以說服行動(寫信、勸說、宣傳、與利害關係人溝通)與親身力行行動(實地檢測、調查與訪談、資料分析、除草)為主，經濟行動(去空汙植栽)與教育行動(手抄紙工作坊)占少數，茲分述如下。

1.減緩季節焚山之環境行動方案

依據行動方案書面報告顯示，來自天然焚燒所造成的空汙問題，可透過林地溫溼度的定時監測(第2組)，以及自然廢棄物的回收再利用(第5組)，達到減緩季節性空汙問題。例如：

和○○教授晤談之後，我們覺得測量溫、濕度的地點可以就在學校的○○樓，然後跟小組成員共同確定最後的行動方案之計畫、實際測量數據。(Ac-G2-01-1100112)

表9：校園PM_{2.5}空汙防治行動方案規劃結果(N = 38)

組別	人數	行動方案名稱	環境行動策略
1	4	改善學餐空氣品質	PM _{2.5} 檢測、寫信說服
2	4	檢測鄰近方濟樓大肚山溫濕度瞭解火災	海報、粉絲專頁、森林復育專家訪談、實測記錄(8次)、資料分析與思考
3	5	學餐空氣品質改造計畫	PM _{2.5} 檢測、說服校方與廠商、去空汙植栽
4	5	靜園室內空氣改善	PM _{2.5} 檢測、餐廳使用者環境覺知調查、基礎統計分析
5	5	校園與社區空氣汙染防治	除後山雜草、手抄紙試作3次與利用、雜草再利用工作坊
6	4	改善校園大型車空汙行動	宣導海報張貼、問卷調查
7	4	你「癮」了嗎	問卷調查
8	4	降低汽機車使用改善校園空汙海報宣導	增加學生交通車次、宣導海報張貼
9	3	校園空汙探討	問卷調查、社群網站簡報宣導

原來的行動方案我們設定為「與服務學習中心合作」、「與社區里民共同維護」，但方向太過於大與理想化，故此先將範圍縮小，將後山所產生的稻草雜草進行再利用，開啟我們的「雜草再利用工作坊」。(Ac-G5-01-1100112)

2. 降低人造焚燒行為之校園環境行動方案

依據行動方案書面報告顯示，來自人為焚燒所造成的空汙問題(第1、3、4、6、7、8、9組)，可以透過室內淨空汙植栽(第3組)，以及降低汽機車進入校園海報宣傳(第6組)與社群網站的柔性勸導(第9組)，達到減緩校園內各種人造焚燒行為所造成的空汙問題。例如：

一開始我們只有寫信，後來就有再附行動方案跟植物的一些建議會比較豐富一點，原本就是只有列在上面，後來把它做成了PPT，看起來會比較有圖，然後有字，比較順。(Fo-G3-03-1100112)

根據校園師生問卷調查結果製作海報，張貼於○○樓及○○樓人社院布告欄，盼能引起教職員生的回響。(Ac-G6-03-1100112)

我們將期中報告PPT分享至社群網站，希望能讓這些行動(如多利用校內公車)被其他人所注意到，讓更多人重視到這件事。(Ac-G9-01-1100112)

(三) 執行困難與挑戰

依據行動方案書面報告顯示，學生在方案執行上會遇到時間、經費或調查資料蒐集等相關問題，例如：「由於我們提出改善○○室內空氣的想法需要透過學校同意後才能執行，像是置放空氣清淨機，但這耗時也

耗錢，因此我們將其改為資料的統整也方便專題的進行」(Ac-G4-01-1100112)、「問卷調查時有部分師生並不願意提供意見，造成樣本數可能過小。如何讓大眾願意填答問卷是一大課題」(Ac-G6-03-1100112)。然而，也有學生願意接受挑戰，為下一次行動做準備：「希望下次如果還有這樣子的作業，我們可以更進一步改善現有的缺點，像是增加問卷觸及率以及族群廣泛度，或是我們可以延長讓大家填問卷的時間，這樣回答問卷的人數可能會多一點……問卷的數據可能更加客觀且豐富多元」(Ac-G8-01-1100112)。

(四) 外在相關因素之影響

1. 教師引導與參與

從業師教學意見顯示，業師透過自身經驗分享、方案引導與建議，幫助學生規劃、修正與執行行動方案。例如：「在課程中介紹他到不同地方(偏鄉)帶小朋友的各種經歷，讓我們更認識環境教育的重要性」(Pr-G3-04-1100112)，以及「在行動方案計畫與執行給予鼓勵和實際建議，引導明確方向，逐步完成目標」(Pr-G2-02-1100112)與「隨著計劃逐漸在推動，老師給我們一個方向和意見，舉很多成功例子增加我們的信心，遇到瓶頸時也不忘給予修正錯誤的管道」(Pr-G3-04-1100112)。最後，在期中進度報告與期末成果報告中，業師也給予回饋與建議，幫助學生改善不足之處，例如：「老師也會在我們執行行動遇到困難時，給我們改善的方法，也會指出我們的行動有什麼問題要更正或改掉，成果發表時也會告訴我們怎麼做會更好」(Pr-G1-04-1100112)。

2. 同儕觀摩與激勵

部分大學生也察覺到教室局內人的相關學習支援，包括同儕的友善互助與示範激勵行為，例如：

我覺得是那個別組，就是有成功的那個案例讓我印象深刻。(Fo-G8-01-1100112)

比如說，哪一組的優點，或是說他們就是哪一些地方我們可以去學習的，然後我覺得可以透過書寫的方式，表達出自己內心想真正講的話，然後去觀察其他組說他們的優點在哪裡，然後可以我們下次如果再做這方面的簡報或是事情的話，我們可以去學習，然後可能我們自己的缺點可以改善。(Fo-G8-01-1100112)

3. 利害關係人的支持

在進行校園PM_{2.5}空氣品質調查活動中，大學生整組使用攜帶型PM_{2.5}監測器前往現場檢測，初次測量時經常被拒絕(如店員)，隨著後續課程進行與相關行動策略調整後，竟獲得利害關係人(如：校方行政單位、店家負責人)意想不到的友善行動支持，給予學生執行行動方案的實踐信心，例如：

我是拿空氣盒子要去測量那個○○餐廳的產品被拒絕的時候……他(店員)就是不想讓我們去測，可能怕影響生意。(Fo-G3-02-1100112)

寄信給總務處後他們回答很快，我們寄大概兩到三天後就收到了。校方很快聯繫廠商，很快約到時間……讓我們有點信心，我們是可以做，至少我們可以做完我們這個方案。(Fo-G3-04-1100112)

我們去跟學餐負責人要跟他討論時，他就帶我們繞○○餐廳內部，就是一般人不會去的地方，然後看到他們有做很多改善。(Fo-G3-01-1100112)

四、教師教學反思

從教師教學反思中可以得知，學生的學習經驗可能是導致高、低空汙環境素養學生對環境倫理印象較少的原因，而未來可以從「學習自我效能」持續增強大學生的環境行動能力。例如：

學生從小學習的過程，經常是認知多、技能次之，感受更少，……「行動」則是遙遠的名詞……總覺得環境行動就是環境運動，是與另一方衝撞的「高風險」的事情，因而談到行動方案就有說不上的「無力感」或「冷漠」。殊不知，人人可以關心環境，人人可以做環境行動。(Jo-T2-1100224)

透過投入該環境行動，獲得更多的自信和經驗，讓自己下一次的環境行動更自然、更順暢。只有投入才會知道自己的人格特質，然後依據特質將對環境的關心付諸行動方案。(Jo-T2-1100224)

由此可知，教師認為學生人格特質的充分認知與學習投入，亦是締造環境行動方案成功與否的關鍵要素，能從中更加瞭解自我人格特質，進而強化環境關懷態度與行動方案規劃能力。

五、綜合討論

(一)環境態度與防治行動的認同有顯著提升，但環境知識仍須由授課教師特別強調

經PBRJT後，大學生的PM_{2.5}空汙環境素養有顯著提升($t = 2.07$, $p < .05$, $d = 0.305$)，尤其在空汙風險感知的否定空汙風險與空汙防治行為的教育行動的改變最明顯，前、後測差異皆達低度效果量($d = 0.254 \sim 0.485$)。

由此可知，本研究的課程介入實施成果可以佐證過去相關研究提及環境態度能顯著預測環境行為意圖(周維倫等，2018；潘淑蘭等，2017)，以及支持主張以激勵措施(incentive practice)來改善大學生的環境保護態度將有助於增進社區親環境行為可能性之看法(Shafiei & Maleksaeidi, 2020)。

再者，大學生的PM_{2.5}空汙認知情形大多有提升，後測答對率達七成以上，認知改變情形大多符合謝百淇等(2018)的研究發現，例如認知程度較佳的試題：大學生對於「PM_{2.5}對人體傷害」(C8、C9及C10)以及「南投與嘉義等較純樸鄉鎮不須擔心PM_{2.5}超標」(C3)。然而，關於PM_{2.5}的直徑單位與空氣清淨機功效等認知未能進步，這項結果一方面呼應了謝百淇等認為授課教師須提供學生更多PM_{2.5}空汙知識。由於本研究使用的PM_{2.5}空汙環境素養量表的環境認知測量過於偏重事實知識，且知識題的答案要求過於精準，例如認知程度最低的C1、C2兩題：「PM_{2.5}是空氣中直徑小於2.5奈米的細懸浮微粒」與「市售空氣清淨機開機1小時後大約能去除約70%到80%的PM_{2.5}」。謝百淇等認為這兩題屬於概念性題目，C1的正確答案是「微米」而非「奈米」、C2的正確答案是「約40%到50%」而非「約70%到80%」，教師須提供學生更多PM_{2.5}專業知識。

(二)專題反思與行動方案教學對大學生集體參與環境保護行動之影響

本研究透過專題反思日誌與公民行動方案教學，幫助大學生依據五項環境教育目標逐步規劃且具體實踐校園PM_{2.5}空汙防治行為的說服、經濟(消費)與教育等行動，例如第3組以書寫電子信件向校方與廠商進行方案說明與溝通，說服過程中除獲得對方的正面回應與行

動支持，並立即在學生餐廳內部擺設淨空汙植栽；以及第5組使用大肚山上廢棄的竹子飄拂草進行手抄紙製作，並透過同儕與社區工作坊進行空汙防治教育宣導。本研究結果並不同於潘淑蘭等(2017)的調查結果指出大學生的環境行動並不積極(例如實地參訪活動之行動意圖)，由於本研究使用的研究工具PM_{2.5}空汙環境素養量表包含環境行動中的教育面向，且研究樣本取自生態人文學系修讀環境教育課程的大學生，因此研究對象對於環境「教育行動」的態度與行為實踐顯得特別投入與積極。

本研究的教學實踐結果顯示，大學生的集體環境行動可以透過專題反思學習獲得環境行為上的實質改善，正如陳麗華(2011，頁75)所指：「教師有責任協助學生規劃可行性高的行動方案，讓學生從中獲得成功經驗，提升其自信心與公民效能感」，因此本研究期待大學生未來可以將校園環境行動經驗活用於社會環境行動方案，進一步研發有利於推廣社會教育的PM_{2.5}空汙防治宣導教材，為大學與地方社群建構共工共學的環境集體行動策略克盡己力。

(三)影響大學生PM_{2.5}空汙環境行動學習成效的外在因素

反觀參與本研究大學生的PM_{2.5}空汙議題學習成效，除了受到專題反思教學介入的顯著影響，在某種程度也受到業師教學風格、同儕觀摩，以及外部利害關係人(校方、廠商及環保專家)等外在影響。首先，本課程邀請偕同授課的業師，本身具有豐富的戶外環境教育行動經驗，加上樂於課堂經驗分享、正向鼓勵與學習陪伴等教學風格，給予大學生良好的學習榜樣與學習動力，並在潛移默化中促進學生的學習自我效能，進而幫助大學生共同規劃且執行環境公民行動方案，呼應了上述陳麗華

(2011)呼籲提升學生自信心與公民效能感的重要性，以及邱素玲與洪福源(2014)的研究指出大學生學習自我效能是強化學生學習投入與減少學習倦怠的重要個人內在資源。

再者，本研究提供大學生於期中、期末進行兩次小組口頭報告，透過公開展示的校園PM_{2.5}空汙防治行動方案規劃，讓學生從組間對照中學習他人長處並調整組內缺點，達成了同儕觀摩學習的正向影響。最後，由於本研究引導大學生具體執行小組規劃的行動方案，讓學生直接與校方、學餐廠商，以及環保專家等進行互動與溝通，這些外部關係人對於行動方案的正面回饋與具體行動支持，也成了推動大學生成功獲得學習成就的關鍵助力之一。

伍、結論與建議

一、結論

本研究應用PBRJT於環境教育課程，探討大學生PM_{2.5}空汙環境素養與校園PM_{2.5}空汙防治行動方案規劃之學習情形。研究發現，大學生在9次PBRJT引導下，依據永續環境議題、5項環境教育目標，及公民行動方案的學習歷程，能夠將小組合作學習的寫作與實作成果，實際應用於期末提出的環境行動方案，而且PM_{2.5}空汙環境素養也皆有所提升，不僅對於空氣品質指標與PM_{2.5}指標值等概念知識具有正確認知，在否定空汙風險感知與空汙防治教育行動上的認同度亦具有顯著提升。本研究也發現，PBRJT有助於大學生學習環境教育目標，尤其是公民行動技能最受到學生的關注與認同。在一學期的PBRJT歷程中，大學生透過查閱PM_{2.5}空汙相關報導資訊、使用攜帶型空氣盒子檢測PM_{2.5}，以及在同儕討論與教師晤談等合作學習後，皆能按部就班完成校園

PM_{2.5}空汙防治行動方案，有些方案甚至獲得利害關係人的支持，真正落實行動方案的具體執行。除此之外，本研究發現教師適時引導並參與小組書寫專題反思日誌，能幫助大學生正確且更有效檢視原先提出的校園PM_{2.5}空汙防治行動方案。例如，本研究設計的最後3次PBRJT中提供每一小組的個別晤談機會，教師的即時回饋不僅助長小組合作執行行動方案，也培養了師生之間的互賴關係。

二、建議

基於本研究結果，相關教學實務與研究方向建議如下：(一)依據PM_{2.5}空汙認知後測有少數題項答對率並無提高的研究結果，因此建議相關教學者未來可增加環境知識的課堂傳授，尤其是像PM_{2.5}的單位是微米等概念知識的強調；(二)從小組成員反映行動方案因為學習時間有限，例如最後未能如期規劃校外工作坊讓社區居民或小學生參與，因此建議延長PBRJT研究期程，例如結合下學期的環境教育教材教法，提供學生在充分的學習時間內，實際應用PM_{2.5}空汙防治行動方案，並進一步完成公民行動方案模組課程的方案展示活動，提供大學生公開對外表述一學期所規劃的PM_{2.5}空汙防治行動方案；(三)本研究發現大學生使用的環境行動技能中，為了蒐集相關科學數據，經常運用調查問卷進行資料蒐集，因此建議教師在未來的環境教育課程中，可適度強化大學生編製問卷的基本認知與技能，以及調查資料的相關分析技巧；(四)由於本研究採用個案研究法，只選擇研究者的上課班級進行教學實踐場域，為了證實本研究專題反思教學的介入效果，建議未來可採用準實驗研究法，加入對照組以檢視大學生在前後測之間PM_{2.5}空汙環境素養的改變，是否確實受到「專題反思作業書寫」的影響。

誌謝

本論文為教育部教學實踐研究計畫之部分研究成果，謹此感謝教育部對於教師從事教學研究之獎助(編號：PED1090559、

PED1100905)，並感謝參與本研究之協同教師與學生的支持與配合，使本研究得以順利完成。本文在投稿過程中，承蒙審稿委員及編輯團隊提供寶貴建議，均此致謝。

參考文獻

1. 行政院環境保護署(2018年8月1日)。空氣汙染防制法。查詢日期：2021年4月24日，檢自<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=o0020001>。
[Environmental Protection Administration. (2018, August 1). *Air pollution control act*. Retrieved April 24, 2021, from <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=o0020001>]
2. 邱素玲、洪福源(2014)。大學生班級情緒氣氛、學習自我效能、學習倦怠與學習投入關係研究。彰化師大教育學報，25，85-112。
[Chiu, S.-L., & Hong, F.-Y. (2014). Correlations among classroom emotional climate, learning self efficacy, learning burnout and learning involvement of university students. *Journal of Education National Changhua University of Education*, 25, 85-112.]
3. 周維倫、曾治乾、葉國樑、黃禎貞、石玲如(2018)。高中生細懸浮微粒防治行為意圖及相關因子之研究。科學教育學刊，26(2)，123-147。doi:10.6173/CJSE.201806_26(2).0002
[Chou, W.-L., Tseng, C.-C., Yeh, G.-L., Huang, J.-J., & Shi, L.-J. (2018). A study on the preventive behavioral intention and its related factors of fine particulate matters for senior high students. *Chinese Journal of Science Education*, 26(2), 123-147. doi:10.6173/CJSE.201806_26(2).0002]
4. 周鴻騰(2018)。以反思日誌寫作為基礎之永續海鮮議題教學研究。教育理論與實踐學刊，38，1-30。doi:10.7038/JETP.201812_(38).0001
[Chou, H.-T. (2018). Developing a reflective journal writing-learning-based curriculum of sustainable seafood issues. *Journal of Educational Theory and Practice*, 38, 1-30. doi:10.7038/JETP.201812_(38).0001]
5. 徐美苓(2019)。風險感知、價值觀、議題傳播及空汙防制行為意向。新聞學研究，138，25-73。doi:10.30386/MCR.201901_(138).0002
[Hsu, M.-L. (2019). Risk perception, human values, issue communication, and behavioral intention for air pollution prevention and control among Taiwanese adults. *Mass Communication Research*, 138, 25-73. doi:10.30386/MCR.201901_(138).0002]
6. 陳麗華(2011)。公民行動取向全球議題課程設計模式與實踐案例。臺灣民主季刊，8(1)，47-82。
[Chen, L.-H. (2011). A civic action model for global-issues curriculum design and some exem-

plary cases. *Taiwan Democracy Quarterly*, 8(1) 47-82.]

7. 楊真真、林瓊瑤、黃琴扉(2019)。國中生空氣汙染環境素養量表之開發編製。臺中教育大學學報：教育類，33(1)，31-55。

[Yang, C.-C., Lin, C.-Y., & Huang, C.-F. (2019). Construction and related study of the inventory of junior high school students' environmental literacy on air pollution. *Journal of National Taichung University: Education*, 33(1), 31-55.]

8. 劉秀嫻(2012)。民主公民教育的教學實踐：「公民行動方案」的可能性。臺灣教育，673，18-24。doi:10.6395/TER.201202.0018

[Liou, S.-M. (2012). Issue-centered education for democratic citizenship: Promise and practice of project citizen. *Taiwan Education Review*, 673, 18-24. doi:10.6395/TER.201202.0018]

9. 潘淑蘭、周儒、吳景達(2017)。探究環境素養與影響環境行動之因子：以臺灣大學生為例。環境教育研究，13(1)，35-65。doi:10.6555/JEER.13.1.035

[Pan, S.-L., Chou, J., & Wu, C.-T. (2017). The investigation of environmental literacy and factors influencing environmental action: The status of Taiwanese university students. *Journal of Environmental Education Research*, 13(1), 35-65. doi:10.6555/JEER.13.1.035]

10. 鄭麗瑤、葉國樑、曾治乾、黃禎貞、葉明祥(2016)。臺北地區某兩所大學學生細懸浮微粒防治行為意圖之研究。健康促進暨衛生教育雜誌，40，1-24。

[Cheng, L.-Y., Yeh, G.-L., Tseng, C.-C., Huang, J.-J., & Yeh, M.-H. (2016). Preventive behavioral intentions of fine particulate matters and related factors for college students of two universities in Taipei area. *Health Promotion & Health Education Journal*, 40, 1-24.]

11. 謝百淇、陳美智、姜幸鐘(2020)。教師永續發展態度、空汙風險論點與空汙防治行為之關係研究。科學教育學刊，28(2)，169-195。doi:10.6173/CJSE.202006_28(2).0004

[Shein, P. P., Chen, M.-C., & Chiang, H.-C. (2020). Relationships among teachers' attitudes toward sustainable development, air pollution risk receptions, and air pollution preventive behaviors. *Chinese Journal of Science Education*, 28(2), 169-195. doi:10.6173/CJSE.202006_28(2).0004]

12. 謝百淇、曾靜雯、陳繼成、吳景達(2018)。大學生對PM_{2.5}空氣汙染的態度與認知之研究。環境教育研究，14(2)，57-90。doi:10.6555/JEER.14.2.057

[Shein, P. P., Tseng, C.-W., Chen, C.-C., & Wu, C.-T. (2018). Undergraduate students' attitudes towards and knowledge of air pollution. *Journal of Environmental Education Research*, 14(2), 57-90. doi:10.6555/JEER.14.2.057]

13. Center for Civic Education. (2020)。公民行動方案(*We the people: Project citizen I*；吳愛頡譯)。臺北市：五南。(原作出版於2008年)

[Center for Civic Education. (2011). *We the people: Project citizen I* (A.-J. Wu, Trans.). Taipei, Taiwan: Wu-Nan. (Original work published 2008).]

14. Archie, M. (2004). *Guidelines for the preparation and professional development of environmental educators*. Washington, DC: North American Association for Environmental Education.
15. Arnold, G. (2012). Enhancing college students' environmental sensibilities through online nature journaling. *Environmental Education Research*, 18(1), 133-150. doi:10.1080/13504622.2011.589000
16. Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39-43. doi:10.1080/00098650903505415
17. Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398. doi:10.1080/00461520.1991.9653139
18. Boyes, E., Myers, G., Skamp, K., Stanisstreet, M., & Yeung, S. (2007). Air quality: A comparison of students' conceptions and attitudes across the continents. *Compare: A Journal of Comparative and International Education*, 37(4), 425-445. doi:10.1080/03057920701366176
19. Carson, R. (1962). *Silent spring*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
20. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
21. Cureton, E. E. (1957). The upper and lower twenty-seven per cent rule. *Psychometrika*, 22(3), 293-296. doi:10.1007/BF02289130
22. Disinger, J. F., & Howe, R. W. (1992). Environmental education research news. *Environmentalist*, 12(1), 3-7. doi:10.1007/BF01267590
23. Engleson, D. C. (1985). *A guide to curriculum planning in environmental education* (1st ed.). Madison, WI: Wisconsin Department of Public Instruction.
24. Engleson, D. C., & Yockers, D. H. (1994). *A guide to curriculum planning in environmental education* (2nd ed.). Madison, WI: Wisconsin Department of Public Instruction.
25. Granit-Dgani, D., Kaplan, A., & Flum, H. (2017). Theory-based assessment in environmental education: A tool for formative evaluation. *Environmental Education Research*, 23(2), 269-299. doi:10.1080/13504622.2016.1144172
26. Hungerford, H. R., (1992). *Investigating and evaluating environmental issues and actions: Skill development modules*. Champaign, IL: Stipes.
27. Jensen, B. B. (2002). Knowledge, action and pro-environmental behaviour. *Environmental Education Research*, 8(3), 325-334. doi:10.1080/13504620220145474
28. Kolstø, S. D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716. doi:10.1080/09500690600560878

29. Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
30. Roth, C. E. (1992). *Environmental literacy: Its roots, evolution and directions in the 1990s*. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
31. Ruland, J. P., & Ahern, N. R. (2007). Transforming student perspectives through reflective writing. *Nurse Educator*, 32(2), 81-88. doi:10.1097/01.NNE.0000264328.56039.1b
32. Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York, NY: Basic Books.
33. Shafiei, A., & Maleksaeidi, H. (2020). Pro-environmental behavior of university students: Application of protection motivation theory. *Global Ecology and Conservation*, 22. Retrieved August 27, 2021, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419305955>
34. Shamuganathan, S., & Karpudewan, M. (2017). Science writing heuristics embedded in green chemistry: A tool to nurture environmental literacy among pre-university students. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 386-396. doi:10.1039/C7RP00013H
35. Siegal, M., Borasi, R., & Fonzi, J. (1998). Supporting students' mathematical inquiries through reading. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(4), 378-413. doi:10.5951/jresearch-matheduc.29.4.0378
36. Skamp, K., Boyes, E., & Stanisstreet, M. (2004). Students' ideas and attitudes about air quality. *Research in Science Education*, 34(3), 313-342. doi:10.1023/B:RISE.0000044643.24770.5c
37. Smith-Sebasto, N. J., & D'Costa, A. (1995). Designing a Likert-type scale to predict environmentally responsible behavior in undergraduate students: A multistep process. *The Journal of Environmental Education*, 27(1), 14-20. doi:10.1080/00958964.1995.9941967
38. Stanfield, R. B. (2000). *The art of focused conversation: 100 ways to access group wisdom in the workplace*. Gabriola, BC: New Society.
39. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (1978, April). *Intergovernmental conference on environmental education, Tbilisi (USSR) 14-26 October 1977: Final report*. Retrieved May 26, 2021, from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763>
40. VERBI Software Consult. Sozialforschung GmbH. (2020). MAXQDA (Version 2020) [Computer software]. Berlin, Germany: Author.

Effect of Applying Project-Based Reflective Teaching in Environmental Action Curriculum of PM_{2.5} Air Pollution on Learning Outcome

Teng-Shun Yang¹, Tsai-Liang Hsu², Pin-Juin Liu¹ and Chiung-Fen Yen^{3,*}

¹International College, Providence University

²Taichung Municipal Bo-Ai Elementary School

³Center for Ecology and Environment, Tunghai University

Abstract

The purpose of this research was to explore the efficacy of using Project-Based Reflective Journal Teaching (PBRJT) to promote the development of college students' goal of environmental education and PM_{2.5} (Fine Particulate Matter $\leq 2.5 \mu\text{m}$) environmental literacy and investigate the performance of their curriculum planning in environmental action project. This study adopted a single-group pretest-posttest design. A total of 38 undergraduates were selected using convenience sampling from a university in Taichung City. Participants completed 9 reflective journal tasks of PM_{2.5} air pollution issues through cooperative learning. The instruments of PM_{2.5} environmental literacy scale, air pollution reflection worksheet, campus PM_{2.5} prevention action project report and in-depth interview along with teaching reflection were employed to assess the students' performance. Investigators conducted descriptive analyses, *t* tests and content analyses on the collected data. Research findings revealed improvements in the participants' cognition, risk perception and prevention behaviors of air pollution. The PBRJT significantly improves undergraduates' PM_{2.5} environmental literacy. In addition, this study provides evidence to support that PBRJT significantly improve students' understanding on subgoal of environmental education (citizen action skills) and environmental action ability. The implications of the findings and recommendations for future research are discussed.

Key words: Reflective Journal, Air Pollution, Project-Based Learning, Environmental Action Project, Environmental Literacy

* Corresponding author: Chiung-Fen Yen, cfyen@thu.edu.tw