

中學階段氣候變遷議題教學之回顧：教什麼？如何教？

游小旻* 張文華

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

摘要

氣候變遷為一跨學科的當代社會性科學議題，由於它在時間與空間尺度上的抽象性與複雜性，使其適合作為發展學生科學素養的題材。近年來，已有愈來愈多的國家將氣候變遷或相關主題納入課程；臺灣的新版課程綱要更將氣候變遷之影響與調適訂為自然領域跨科概念的次主題之一。儘管此議題具有重要性與急迫性，但在教學實踐上卻仍缺乏清晰的指引。無論是普羅大眾抑或在校學生，甚至學校教師都可能對此議題相關內容存有迷思概念。而氣候變遷議題教學不應僅止於理解，更需要轉化為行動。由於覺察是產生行動的起點，本研究欲瞭解何種教學介入與課程脈絡能促使學生覺察氣候變遷，為此而搜尋美國教育部教育資源資訊中心所提供之國家級教育學書目資料庫(Education Resources Information Center [ERIC])，分析49篇中學階段以氣候變遷為教學主題之實徵研究。本文呈現中學階段氣候變遷議題教學的研究趨勢，並由分析結果提出教學介入與課程脈絡的建議：採用諸如制定行動計畫、專題研究或實地考察等讓學生得以直接經驗氣候變遷的教學介入，有助於他們覺察氣候變遷；相較於以地區性或全球性氣候變遷為課程脈絡者，課程脈絡含有與學生關係較為密切的個人選擇，能同時提升學生對氣候變遷的認識與覺察。而如何將科學本質的培育納入氣候變遷教育的規劃，則是未來科學教育者可以再繼續努力的方向。

關鍵詞：中等教育、全球暖化、氣候變遷

壹、前言

一、氣候變遷議題教學的重要性

近十多年來，氣候變遷已成為科學、政治和媒體中最突出的議題之一。政府間氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2012)定義「氣候變遷為氣候平均狀態統計學意義上的顯著改

變，或者持續較長一段時間的氣候變動。氣候變遷的原因可能是自然的內部過程或外部力量，或者對大氣組成和土地利用的持續性人為改變」。從中可以看到氣候變遷所探討的時間和空間尺度均相當大，使其具有抽象性和複雜性。近年來的全球氣候數據模型資料，愈來愈明確地指出人類活動所造成的溫室氣體濃度增加與海水表面溫度上升之間

*通訊作者：游小旻，eppieyu19@gmail.com

(投稿日期：民國107年5月30日，修訂日期：民國107年12月28日，接受日期：民國107年12月28日)

的關係(IPCC, 2014)。為減緩人為導致的氣候變遷及其帶來的暖化趨勢、極端氣溫、乾旱、極端降水、颶風、洪水、海洋酸化等災害，政府間氣候變化綱要公約談判委員會(Intergovernmental Negotiating Committee [INC])更在2015年的巴黎氣候協定中設定以實際行動遏阻溫室氣體排放的目標。由此可以看到氣候變遷為一當代且具有急迫性的議題，以及其與政治、經濟的關係。它不僅是學科中的概念，更是跨學科的社會性科學議題。在科學教育的研究中，亦有許多學者提及氣候變遷教育的重要性、急迫性與挑戰性(Dawson & Carson, 2013; Eisenack, 2013; Liarakou, Athanasiadis, & Gavrilakis, 2011)。有學者視中學階段為環境教育道德發展的黃金時期，在Ardoin, Bowers, Roth與Holthuis (2018)的回顧型文章也發現，環境教育的實徵研究多數是在中學教育階段。但目前卻未有針對氣候變遷議題教學進行綜整性回顧的研究，因此，本研究選擇以包含中學生為研究對象的實徵研究進行分析，期望藉此瞭解中學階段氣候變遷議題教學的研究趨勢。

二、氣候變遷課程設計的脈絡

即將上路的自然科學領域課程綱要與總綱相互呼應，以「科學核心概念」為學習內容，以「探究能力」及「科學的態度與本質」為學習表現，期望培育學生的科學素養(國家教育研究院，2016)。國際學生評量計畫(Programme for International Student Assessment, PISA)亦重視學生的科學素養，其科學表現評量架構中，除知識和能力(competencies)兩個向度外，更將脈絡(contexts)納入，且於空間上分為個人、地區／國家和全球等三個尺度(Organization for Economic Co-operation and Development

[OECD], 2018)。雖然氣候變遷的本質為一全球性議題，但仍可以地方尺度或個人尺度為探討焦點。由於本研究嘗試從中學階段氣候變遷議題教學實徵研究的文獻分析中，瞭解課程脈絡與學習成效之間的可能關係，所以依此將課程脈絡分為個人、地方與全球三個尺度，以對應課程脈絡與學生自身的相關性，以及其可能具有的背景經驗之多寡。

三、以氣候變遷議題為主題的教學介入形式

從過去文獻中可以看到，用於氣候變遷議題教學的介入方式相當多元：從提供有自動回饋機制的線上課程模組(Zhu et al., 2017)、在國家公園進行實地考察、玩牌卡、計算碳足跡、分析氣候變遷數據(Karpudewan & Mohd Ali Khan, 2017)、閱讀、模擬、動手做實驗(Roychoudhury et al., 2017)、論證(Dawson & Carson, 2017)，到影片觀賞、線上檢索(Atabey & Topcu, 2017)等都有。

另外，也有研究探討直接經驗與間接經驗對學習成效的影響，例如，過去的研究指出直接經驗可提升團體創造力(Gino, Argote, Miron-Spektor, & Todorova, 2010)、擴大並深化學生的概念理解(Nielsen, Nashon, & Anderson, 2009)、改善態度(Ballouard, Provost, Barré, & Bonnet, 2012; Fančovičová & Prokop, 2011; Farmer, Knapp, & Benton, 2007)，以及生態行為意圖(Stepath, 2006)等。雖然有研究顯示環境知識和行為之間沒有直接關係(Frick, Kaiser, & Wilson, 2004; Roczen, Kaiser, Bogner, & Wilson, 2014)，但Duerden與Witt (2010)發現環境知識和行為之間的關係，可能因為直接經驗而改變：參與者在間接經驗中獲得的環境知識沒有影響其環境行為，可能因為他們沒有足夠的機會應用這些知識，而直接經

驗可以提供參與者應用這些知識的機會，使環境知識和行為之間的關係被活化。Winn等(2006)的研究也認為真實情境可藉由連結學生的既有知識來支持學習。另外，在比較直接經驗與線上實況觀察兩種教學介入的研究中更指出，雖然直接與間接經驗都能有效提升學生的知識，並且在延宕測驗中保留學習成效，但只有直接經驗的教學介入能使學生產生傾向於不利用環境的態度(Schönfelder & Bogner, 2017)。基於培養科學素養的理念與目標，臺灣最新一版的自然科學領域課程綱要，將學習重點分為學習內容與學習表現(國家教育研究院，2016)，但未對教學介入做進一步具體的分類或建議。鑑於前述論文回顧，本研究將直接經驗定義為讓學生直接體驗或觀察氣候變遷所造成的實際影響，或對氣候變遷採取減緩或調適，並以中學階段氣候變遷議題教學實徵研究為題材，探討直接經驗或間接經驗之教學介入對學習成效的可能影響，期望以此結果作為教師實施課程的參考。

四、氣候變遷議題教學可探討的學習成效

多數的教學會從認知、情意與技能三個向度來分析學習成效。知識往往被視為採取行動的必要先決條件，所以多數教學介入都期望達成知識遷移。聯合國教科文組織曾指出，氣候變遷課程需藉由增加氣候變遷的原因和影響之知識，以發展應對策略，且應以適當的行動導向教學法提升知識、技能、價值和態度(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization & United Nations Environment Programme, 2011, p. 55)。即，氣候變遷的教學，除了讓學生瞭解其定義、機制與影響之外，更重要的應是如何讓身為未

來公民的學生能在其生活中採取減緩氣候變遷的行動。因此，針對氣候變遷教學之學習成效，本研究將從認知、情意與行為等面向進行討論。

由於氣候變遷議題在時間與空間尺度上的抽象性與複雜性，使得許多國家的調查結果均指出在校學生，甚至學校教師都仍對氣候變遷相關知識持有素樸概念或迷思概念(Boon, 2010; Chang & Pascua, 2016; Dawson, 2015; Herman, Feldman, & Vernaza-Hernandez, 2017; Lin, 2017; Punter, Ochoa-Pardo, & Garcia, 2011)。然而，氣候變遷議題不僅在時間與空間尺度上具有抽象性與複雜性，其亦為跨學科的社會性科學議題，使其符合高層次思考的複雜、多重解、多準則、不確定等性質(Resnick, 1987)。因此，在認知向度除了就Bloom (1956)分類學的知識、理解、應用、分析、綜合、評鑑進行探討之外，應將後設認知、創造性思考、批判性思考、問題解決等納入。是故，本研究將認知向度分為知識與概念理解的基礎認知，以及應用、分析、綜合、評鑑、創造性思考、批判性思考與問題解決等，運用知識之高層次認知(葉玉珠，2002, Udall & Daniels, 1991，引自林慈薇，2008，頁34；Resnick)，探討氣候變遷議題教學，是否不僅能促進基礎認知，又有助於提高層次認知。

在Roczen等(2014)以中學生為對象進行的研究中，除了再次驗證環境系統知識與環保行為並無直接相關外，更進一步指出行動知識與對自然的態度才是決定環境保護行為的主因。綜合前述文獻的研究結果，本研究將情意向度分為「面對自然時可能促進行為的態度」、「對氣候變遷或全球暖化議題的覺察」，以及「與行為的促進與否較無直接關係的學習興趣與動機」。

許多可落實於日常生活的行為都能減緩人為導致的氣候變遷，例如回收紙類能減少為造紙而砍伐森林，進而提升碳封存；選擇搭乘大眾交通工具，甚至騎單車或步行，以及選用在地食材，均可減少因運輸而產生的碳足跡；節約能源可降低電量需求，間接減少天然氣或煤炭的燃燒，進而降低二氧化碳的排放。過去的研究亦多以回收、能源、食物和運輸等面向來探討學生的減緩氣候變遷行為(Arya & Maul, 2016; Tasquier & Pongiglione, 2017)。本研究在技能面向探討的減緩氣候變遷行為，包含直接觀察或檢測學生的減緩氣候變遷行為，以及由學生的口頭或書面自陳中，間接得知的減緩氣候變遷行為。

新版自然領域課程綱要中，將認識科學本質列為學習表現架構的子目項之一，而氣候變遷的複雜性與抽象性，使人為導致的氣候變遷之衝擊，有賴於科學家對數據持續的蒐集、分析與模擬，此性質使氣候變遷可與「科學主張與結論會隨著新證據的出現而改變」、「科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性」，以及「科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視」等科學本質的學習表現相呼應(國家教育研究院，2016，頁11、28-29)。是故，本研究將科學本質納入分析的學習成效之一。

綜上所述，本研究的學習成效分類在認知面向，分為基礎認知與高層次認知；在情意面向，分為「面對自然時可能促進行為的態度」、「對氣候變遷或全球暖化議題的覺察」，以及「與行為的促進與否較無直接關係的學習興趣與動機」；在技能面向則探討學生的減緩氣候變遷行為；並將科學本質納

入；與本研究欲探討之學習成效無直接關係者，則歸類至其他。

貳、研究問題與方法

一、研究問題

如前所述，氣候變遷是與人類息息相關且具有急迫性的跨學科、社會性科學議題。本研究想瞭解迄今中學階段氣候變遷議題教學的實徵研究趨勢與教學科目，以及教學介入和課程脈絡與學習成效之間的關聯性。因此，本研究的研究問題有中學階段氣候變遷議題教學實徵研究的：(一)發表量、研究方法、研究設計與所呈現的學習成效之趨勢為何？(二)採用的教學介入有哪些？而這些教學介入與學習成效之間有何關係？以及(三)課程脈絡與學習成效之間有何關係？

二、研究方法

(一)資料庫的選擇

本研究欲針對中學階段氣候變遷相關主題之教學方法與課程脈絡進行探討，選用美國教育部教育資源資訊中心所提供之國家級教育學書目資料庫(Education Resources Information Center [ERIC])進行文獻搜尋。因為ERIC能對八成以上的教育相關文章進行全面檢索，且其中囊括*International Journal of Science Education*, *International Journal of Science and Mathematics Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education* 與 *Research in Science Education* 等重要科學教育期刊。

(二)文獻篩選方式

本研究於ERIC以“climate change”或“global warming”進行檢索後，將出版類

型限於“journal articles”，將教育程度限於“secondary education”，截至2018年4月得到178篇相關文獻。隨後，以人工閱讀摘要，甚至必要時閱讀全文的方式進行篩選，將選取文獻限制於同時符合下列五項條件者：1.實徵研究，而剔除僅介紹教學模組(Linn, Eylon, Rafferty, & Vitale, 2015)、桌遊(Eisenack, 2013)、課程(Colaianne, 2015)、模型推導(Shallcross & Harrison, 2007)、文本內容分析(Dalelo, 2011)等非實徵研究的文獻；2.具體陳述研究對象包含中學生，而剔除以大學生、教師為研究對象(Ajaps & McLellan, 2015; McNeal, Petcovic, & Reeves, 2017)，或以教師自陳問卷為資料來源而非直接以學生為研究對象等文獻(Gold, Kirk et al., 2015)；3.以氣候變遷或全球暖化為教學主題或內容，剔除因為英文字詞相同而被納入者，如Ándres Gómez與Gaymard (2014)研究中的“climate change”，依其文章脈絡係指(學校)氣氛的改變，而非氣候變遷；4.有探討教學介入者，而剔除如Schubert (2015)僅分析先有概念，而缺乏教學介入者；5.有提及介入後效果。結果共有49篇，並在參考文獻以*標註。

(三)編碼與信效度

鑑於教學介入分類的多元，不同學者或教育單位往往採取不同的分類方式(Alberta Education, 2002; Orey, 2010; Petrina, 2007)。本研究的編碼以文獻作者於正文中的直接報導為主，例如根據“At the beginning of the unit, the classes took a field trip to a virgin tallgrass prairie” (Zangori, Peel, Kinslow, Friedrichsen, & Sadler, 2017, p. 1255)，編碼該研究的教學介入之一為實地考察；除此之外，亦藉由檢視課程計畫、質性訪談內容或研究結果等進行編碼，例如Pruneau, Gravel, Bourque與Langis (2003)未於一開始的研究方法中提及屬動手

做實驗的編碼類別，而是在研究結果表列改善學生氣候變遷初始概念的教育活動時，才呈現水質檢測(water tests)這個項目，所以，研究者根據研究結果，將動手做實驗列為本研究的教學介入之一。由本文第一作者閱讀全部文獻後，製作表1之編碼表。接著與另一位科學教育研究者釐清各次類別的定義與例子，再抽選其中7篇文獻進行編碼，反覆釐清直到確認兩人對於每個項目的編碼結果100%一致。

參、結果與討論

一、中學階段氣候變遷議題教學實徵研究的趨勢

(一)發表量在近五年明顯增加

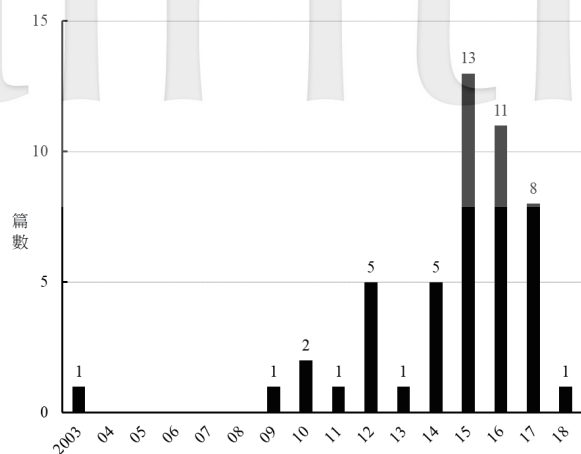
將相關文獻依發表年分排序後，發現在2003年有一篇報導(Pruneau et al., 2003)，之後直到2009年和2010年才分別有以“climate change”或“global warming”為教學主題的實徵研究被發表(Klosterman & Sadler, 2010; Pongsophon, Yutakom, & Boujaoude, 2010; Strømsø & Bråten, 2009)。而後，在2015年和2016年分別有13篇和11篇報導。由圖1(a)可以看到發表量在近五年才明顯增加，此與該議題逐漸受到重視的趨勢一致。

(二)研究方法以質性研究為主，質性與混合研究法在近四年開始增多

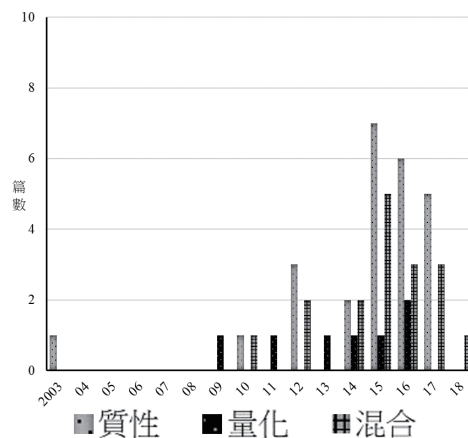
這些實徵研究中，有25篇為質性研究，在2009年和2010年分別開始有量化研究(Strømsø & Bråten, 2009)與混合研究(Klosterman & Sadler, 2010)。如圖1(b)所示，採用質性研究與混合研究法的比例在最近四年有明顯的提升。此外，採用質性研究法的文獻中，有部分(7篇)以質量並陳的方式呈現其研究結果(Bofferding & Kloser, 2015;

表1：本研究的編碼表

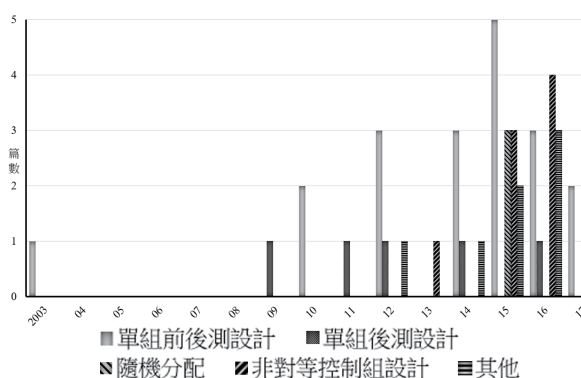
類別	分析碼	定義	例子
教學介入	示範教學	由教師執行一系列程序或動作，學生進行觀察。	教師演示省電燈泡和白熾燈泡之間的溫差。
	行動計畫	讓學生規劃將採取的具體行動。	學生選擇並完成減少人類對氣候的影響之行動。
	合作	讓兩位以上的學生，一起學習，完成共同目標。	鼓勵學生相互幫忙以理解所有的關鍵概念。
	多文本閱讀	針對同一主題，提供兩篇以上不同觀點的文本讓學生閱讀。	參與者閱讀七篇關於氣候變遷的不同觀點之獨立文本。
	角色扮演	透過情境或故事，讓學生扮演不屬於自己的角色行為。	由學生扮演評審委員會的角色。
	建模	讓學生從個人的心智模型出發，經歷修正與轉化模型的過程。	讓學生繪製碳循環模型，並隨著課程的進展修改他們的模型。
	討論	讓學生使用語言或非語言進行相互溝通、傾聽的歷程。	讓學生討論新聞中的全球暖化議題。
	探究	由學生對現象或問題進行有系統的研究。	學生藉由診斷問題、確定問題、搜尋資料與溝通發現來進行探究。
	動手做實驗	讓學生藉由實際操作來進行實驗相關活動。	學生量測草原內、木本植物叢邊界的光度和土壤濕度。
	專家諮詢	提供學生向特定領域專家請教或討論的管道。	參與者偶爾與來自各領域的科學家討論。
	專題製作	利用先備知識與技能，於綜合內化後，進行創作及研究，最後將成果轉化為產品或報告。	透過學生自製影片使氣候有意義。
	問題導向	利用真實的問題引發學生學習。	以問題為中心，連結數個學科的知識，檢驗真實、複雜的環境問題。
	影片觀賞	讓學生觀賞動畫、影片或紀錄片等視聽媒體。	讓學生觀看一段探索臭氧層的影片。
	實地考察	讓學生離開原本的教室，到戶外進行觀察、量測、體驗等活動。	在森林中進行實地考察。
	模擬	讓學生在模擬真實的情境與環境互動中進行學習。	學生藉由教育遊戲中的課程模組模擬湖水水位。
	課程脈絡	個人 地方 全球	食物與個人購買的選擇。 氣候變遷對於當地的影響。 生物地理化學循環。
	學習成效	基礎認知	Bloom (1956)認知教育目標中的知識與理解。
		高層次認知	Bloom (1956)認知教育目標中的分析、綜合、應用、評鑑，以及後設認知、批判性思考、問題解決、運用創造力提供新的創見等。
		態度或覺察	對自然的態度產生改變，或覺察到環境或氣候問題。
		興趣或動機	提升對相關主題內容的興趣或學習動機。
		行為或行動	透過自陳問卷或實際行為，表現減緩氣候變遷的行為或相關行動。
		科學本質	理解科學研究的目的與過程，或科學理論的價值判斷標準。
		其他	不屬於上述次類別者。



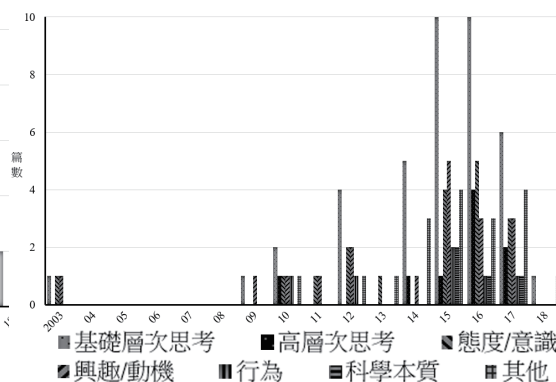
(a)發表量



(b)研究方法



(c)研究設計



(d)學習成效

圖1：中學階段氣候變遷議題教學實徵研究的趨勢

Jeong, Kim, Chae, & Kim, 2014; Tasquier & Pongiglione, 2017)。而混合研究中，有的是測驗工具包含選擇題和開放式問答(Bodzin & Fu, 2014)。由於氣候變遷議題教學的目標應不僅止於理解，更需轉化為行動。而採用質性研究或混合研究者，較可能對各種學習成效進行細膩的分類與描述，並對相關行為進行檢測。本研究發現中學階段氣候變遷議題教學實徵研究所採用的研究方法趨勢與此理念相符。

(三)研究設計以單組前後測居多，非實驗設計在近三年亦明顯增長

檢視各實徵研究的設計後，可以看到屬於預實驗設計(pre-experimental designs)的單組前後測與單組後測，屬於準實驗設計(quasi-experimental designs)的隨機分配與非對等控制組，以及屬於非實驗設計(non-experimental designs)的對話分析、參與觀察和錄影觀察等都有研究採用。如圖1(c)所示，單組前後測是最早被採用，且目前使用比例最高的研究設計。直到2012年和2013年才有對話分析

與非對等控制組設計的研究被發表(Albe & Gombert, 2012; Sellmann & Bogner, 2013)。另外，以參與觀察或錄影觀察等方式進行過程分析的研究數量在近三年有明顯增加的趨勢。由於氣候變遷議題教學的目標應不僅止於理解，更需轉化為行動。而採用質性研究或混合研究者，較可能對各種學習成效進行細膩的分類與描述，並對相關行為進行檢測。本研究發現中學階段氣候變遷議題教學實徵研究所採用的研究方法趨勢與此理念相符。

二、中學階段氣候變遷議題教學介入多元，可採學生得以直接經驗者促進其覺察

為探討教學介入與學習成效之間的關係，本研究先分別將學習成效與教學介入進行分類，再檢視兩者之間的關係。結果發現用於氣候變遷的教學介入相當多元，包含行動計畫的制定、專題製作、實地考察、提供專家諮詢或互動、角色扮演、示範教學、影片觀賞、模擬、探究、動手做實驗、多文本閱讀與建模等。而氣候變遷議題的教學介入如此多元的可能原因包含，此議題具有真實性，與學習者和社會直接相關，社會科學的開放性評價，能鼓勵學生之間的公開討論，以及連結科學與技術等特性。它是一個可促進學生溝通、評估和決策能力，對學生學習科學極具潛能，可提升科學素養的有趣議題(Feierabend, Jokmin, & Eilks, 2011)。然而，在認知層面，由於傳遞概念、資訊的傳統科學教學模式，不足以促進學習者參與無清楚解答或有多種可能解答之問題解決活動(Arya & Maul, 2016)；在情意層面，不同群體的科學教育者對於其在氣候變遷教育上的角色與責任持有不同的觀點，均有可能導致實際教育氣候變遷的責任分散(McGinnis, McDonald,

Hestness, & Breslyn, 2016)，使得傳統的教學模式顯然難以符合此一新興議題的教學。這可能是氣候變遷議題教學的實徵研究報導中，採用多元的教學方式之部分原因。

本研究整理各研究中所報導的學習成效之後，發現僅有5篇研究有報導行為的改善。由於從前人的研究可以看到對自然的態度與對氣候變遷的覺察是採取行動的起點(Frick et al., 2004; Roczen et al., 2014)，因此本研究聚焦於能改善學生對自然的態度，或能提升學生對該議題之覺察的教學介入，針對有報導學生對自然的態度或對議題的覺察之改善的18篇實徵研究進行分析，將其中有提及的教學介入依比例進行排序與整理，於表2列出使用該教學介入的同時，有一半以上的研究報導了對自然的態度或對氣候變遷的覺察有改善者。其中，總篇數欄位裡數字表示49篇研究中有提及使用該教學介入的研究篇數；百分比為使用該教學介入的同時，也報導了某類學習成效的研究數量。例如，有採用制定行動計畫為教學介入的研究篇數總計有4篇，且該4篇報導均提及學生氣候變遷覺察的增進，故標示為100%；且其中有2篇報導了學生的減緩氣候變遷行為(McNeill & Vaughn, 2012; Stapleton, 2015)，故標示為50%。除此之外，還可進一步看到，以直接在自然環境中進行體驗，諸如參訪生態景點、動物園、植物園、工作站等場所，進行田野調查或實地考察為教學介入的研究，多數也報導了使學生體認人類可以影響氣候變遷，甚至採取行動。另外，提供專家諮詢或互動、示範教學與角色扮演等間接經驗氣候變遷的教學介入，可能也有助於提升學生對氣候變遷的覺察。

整體而言，本研究結果發現若採取學生得以直接經驗的教學介入，較可能促進其行

表2：中學階段氣候變遷議題教學實徵研究中提及的各教學介入可達成之學習成效

教學介入	總篇數	態度或覺察	興趣或動機	行為或行動	基礎認知	高層次認知	科學本質	其他
直接經驗								
行動計畫	4	100% (4)	75% (3)	50% (2)	75% (3)	—	—	25% (1)
專題製作	4	100% (4)	100% (4)	—	100% (4)	—	25% (1)	75% (3)
實地考察	13	69% (9)	38% (5)	15% (2)	69% (9)	15% (2)	8% (1)	23% (3)
間接經驗								
專家諮詢	3	67% (2)	67% (2)	33% (1)	100% (3)	33% (1)	67% (2)	33% (1)
示範教學	4	50% (2)	25% (1)	25% (1)	100% (4)	—	—	—
角色扮演	8	50% (4)	38% (3)	13% (1)	88% (7)	25% (2)	—	38% (3)

為的展現。此結果亦與這些實徵研究中直接報導的教學介入與學習成效關係一致：使學生得以直接經驗氣候變遷的生態景點參訪，可改善學生對自然的態度(Dunkley, 2016)，實地考察旅行使學生覺察到全球暖化議題(Atabey & Topcu, 2017)；而使學生間接經驗氣候變遷的影片觀賞，能引起學生對全球暖化議題的關注並感到好奇(Atabey & Topcu)，教育模擬遊戲可使學生主動學習、發展概念並對相關議題產生好奇(Nussbaum et al., 2015)。因此，進行氣候變遷議題教學時，若採用行動計畫、專題製作、實地考察等學生得以直接經驗氣候變遷的教學方法，將可能促進學生對氣候變遷的覺察，甚至採取減緩氣候變遷的行為。

三、中學階段氣候變遷議題教學課程脈絡可納入個人選擇以促進認識與覺察

雖然氣候變遷的本質為一全球性議題，但本研究發現有些研究的課程脈絡著重於地

方尺度，例如氣候變遷對於當地的影響(Gold, Oonk et al., 2015)，或地方政策(Dawson & Carson, 2017)，甚至著重於探討運輸、家用能源、食物與購買等個人尺度對氣候變遷的影響(Edstrand, 2016)。為探討課程脈絡和學習成效之間的可能關係。從表3可以看到49篇研究中，含有與學生自身相關的課程脈絡者有24篇，且這當中有14篇提及學生對自然的態度或氣候變遷的覺察之改善，有4篇報導了促進學生減緩氣候變遷的行為。亦即，相較於以地區性或全球性氣候變遷為課程脈絡者，含有與學生較為密切的個人選擇之課程脈絡，更能提升學生對氣候變遷的認識與覺察。

關於課程脈絡與自身相關性對學習成效的影響，過去文獻中曾指出全球思考，在地行動(think globally, act locally)是1970年代早期環境教育中，眾所皆知的口號，將環境議題納入當地行動的教育方案通常相當有效(N. Gough, 2002)。文化認知論題(cultural cognition thesis)預測，個人更容易想起與其文

表3：中學階段氣候變遷議題教學實徵研究中提及的各課程脈絡可達成之學習成效

課程脈絡	總篇數	態度或覺察	興趣或動機	行為或行動	基礎認知	高層次認知	科學本質	其他
個人	24	58% (14)	54% (13)	17% (4)	83% (20)	17% (4)	4% (1)	25% (6)
地方	7	29% (2)	14% (1)	14% (1)	71% (5)	14% (1)	29% (2)	71% (5)
全球	18	11% (2)	28% (5)	6% (1)	83% (15)	22% (4)	6% (1)	33% (6)

化傾向立場一致的專家建議(Kahan, Jenkins-Smith, & Braman, 2011)，個人選擇和生活環境都會影響其行為的選擇(Roczen et al., 2014)。結合導致氣候變遷的基礎知識和日常行為對環境的影響可能有助於促進行動的意願(Tasquier & Pongiglione, 2017)。因此，課程脈絡愈貼近生活，學生愈能依其所處的生活情境採取行動。

四、介入成效仍以探討認知或理解的改善為主，其他面向的研究仍需更多的投入

回顧中學階段氣候變遷議題教學的實徵研究，本研究發現學習成效上，除了減少學生的另有概念之外，尚有提升對科學本質的理解、對模型和建模的認識、依證據推理的能力，以及對複雜且抽象議題進行更為批判與多元的理解等。在情意層面的學習成效，除了引起對氣候變遷議題的興趣和動機之外，還有與自然產生連結感、覺察到自身行動對環境的影響並且願意以積極的態度找尋解決方法與付諸行動等。但在實徵研究的數量上，可以從圖1(d)進一步看到，教學成效的報導仍以教學介入對認知或理解的助益為主(40篇)，甚至有僅側重於認知層面者(Bodzin & Fu, 2014; Bofferding & Kloser, 2015; Klosterman & Sadler, 2010)。近年來，同時強調教學介入對自然的態度、對氣候變遷的覺察、學習興趣、動機等情意層面影響(Atabey & Topcu, 2017; Karahan & Roehrig, 2016; Karpudewan & Mohd Ali Khan, 2017)，或檢測行動與作為的研究始逐漸增加(Arya & Maul, 2016; Stapleton, 2015; Tasquier & Pongiglione, 2017)。另外，可能因為氣候變遷為一社會性科學議題，近年來亦有不少研究以氣候變遷作為論證、推理或建模的題材，並報導學生相關技能的改善程度(Zangori et al., 2017; Zhu

et al., 2017)。雖然最近三年開始有探討氣候變遷議題對科學本質之促進者，但仍屬少數(Arya & Maul; Atabey & Topcu; Gold, Oonk et al., 2015)。除此之外，由於介入成效的探討受限於研究設計與研究方法，當介入成效的探討不再僅限於認知與理解的同時，也對應著研究設計與方法的轉變與多元。

肆、結論與展望

一、中學階段氣候變遷議題教學的研究與教學多元，但僅少數探討科學本質

本文回顧中學階段氣候變遷議題教學的實徵研究，結果發現報導篇數在近五年明顯提升，此與該議題逐漸受到重視的趨勢一致。這些研究的設計相當多元，以單組前後測的預實驗研究居多，但近三年採用非實驗設計的研究數量有增加的趨勢；研究方法以質性研究居多，混合研究在近四年被採用的比例明顯上升；從中，可以發現近年來隨著研究設計與研究方法的改變，教學介入與學習成效的報導面向亦趨向多元。

新版自然領域課程綱要中，將認識科學本質列為學習表現架構的子目項之一，而氣候變遷的複雜性與抽象性，使人為導致的氣候變遷之衝擊有賴於科學家對數據進行持續的蒐集、分析與模擬，此性質使氣候變遷可與新版自然領域課程綱要中所提及的數項科學本質之學習表現可相互呼應(國家教育研究院, 2016)。但回顧中學階段氣候變遷議題教學的實徵研究發現探討氣候變遷議題教學對科學本質之促進的研究直到近三年才有相關發表，且數量稀少。因此，如何將科學本質的培育納入氣候變遷教育規劃中，是未來科學教育者可以再繼續努力的方向。

二、氣候變遷議題課程脈絡可貼近學生生活，教學介入可採學生能直接經驗者

氣候變遷是一個相對較新，且具有跨學科本質的社會性科學議題。但各國置入氣候變遷課程的科目似乎有所歧異(Besson & De Ambrosis, 2014; Jeong & Kim, 2015)，且多數不是於該國課程綱要所訂定的課程中加以實施(Pongsophon et al., 2010; Wang, Huang, & Hwang, 2016)，有許多課程是以多學科或方案、專題等方式進行(Arya & Parker, 2015; Dijkstra & Goedhart, 2011)。在臺灣，自然科學領域課程綱要中，明確訂定「氣候變遷之影響與調適」為七大跨科概念中的一個次主題(國家教育研究院, 2016)；即，此議題在正式課程中，將從單一學科轉為跨學科。因此，氣候變遷議題在單一學科與跨學科之教學執行及其成效是否會因新版課程綱要的實施而有所改變，為未來可以投入的研究方向。

新版課程綱要強調素養教學、探究與實作、重視學生學習表現之際，卻未提供具體的教學指引。由於僅提升知識理解並不足以促進減緩氣候變遷的行為，改善對自然的態度或對氣候變遷的覺察才是促使學生採取氣候變遷調適的關鍵，本研究的發現可作為教師規劃運作課程的參考：在課程脈絡的選擇上，相較於地方性或全球性議題，挑選與學生個人生活或決策較貼近者，較能使學生依其所處的生活情境採取行動；相對於提供專家諮詢或互動、角色扮演、示範教學、影片觀賞、模擬、探究、動手做實驗、多文本閱讀、建模等教學介入，採取制定行動計畫、專題製作、實地考察等使學生能直接經驗氣候變遷的方式，更能促使學生覺察氣候變遷。然而，由於本研究以實徵研究為分析範

疇，所以建議未來其他研究者可再針對教學方法進行回顧。

三、氣候變遷議題教學的教學與評量，認知、態度與行為應並重

IPCC (2012)定義氣候變遷的減緩，是指人類介入以減少溫室氣體來源，或提高溫室氣體儲存；且在調適中提到人類的介入可能有助於調整預期的氣候。因此，氣候變遷教育和其他議題教育的不同之處，在於它除了強調知識的理解與迷思概念的修正之外，更強調能否由知識產生行動的力量，進而達到減緩與調適氣候變遷。但本次文獻回顧的結果卻顯示這些實徵研究對於學習成效的探討，仍多局限於認知與情意層面，僅有少數關切行為的改變。儘管Ardoin等(2018)曾提到，研究者往往採取較為容易觀察或測量的評量方式，諸如以測驗或問卷來評量知識理解與情意態度；相對的，行為表現，甚至能力的評量則需要更為複雜的方法。但在教學上，科學教育需要融入環境教育以提供與學生生活相關的內容，並更符合科學素養的理念(A. Gough, 2002)。而行為的測量，可以後續追蹤的方式看學生行動計畫的執行程度(Arya & Maul, 2016)，或檢測學生的行動知識，亦即學生是否知曉可以藉由哪些方式來減緩全球暖化(Chattuchai, Singsewo, & Suksringarm, 2015)。另一方面，氣候變遷的知識並不一定能產生行動，僅有與行為選擇或與益處有關的行動知識及效用知識才能有效影響行為(Frick et al., 2004)。然而，回顧中學階段氣候變遷議題教學的課程內容時，發現多數文獻未將知識內容做此細緻的區別；在呈現教學介入及其成效時，許多文獻研究問題的初始設定即局限在認知層面，而使其結果僅宣稱某(些)介入能改善學生對氣候變

遷的理解，而無法得知學生能否由氣候變遷的知識與理解形成態度，甚至行動。這樣的評量方式對氣候變遷議題教學而言，顯然不夠完善。因此，未來的研究宜在設計時即將知識內容加以區分，把情意面向的覺察納入課程規劃，正視學生行動的意願、行動計畫的訂定，甚至於採取的行動。學習成效的評量亦應同時納入相關知識的測量、對課程內容的興趣、產生氣候變遷調適的意願、甚至

持續追蹤減緩氣候變遷的行動計劃等各種方式。

誌謝

本研究獲科技部經費補助(MOST 107-2511-H-003-011)，並蒙兩位審查委員提供寶貴意見，特此致謝。

參考文獻

加有「星標符號」的參考文獻表示這些研究是包含在後設分析中。

1. 林慈薇(2008)。淺談資優學生的高層思考與教學。雲嘉特教，8，33-41。
2. 國家教育研究院(2016年2月4日)。十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域草案(更新附錄二)。查詢日期：2018年5月1日，檢自 https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/90/pta_16506_654628_59074.pdf
3. Ajaps, S., & McLellan, R. (2015). "We don't know enough": Environmental education and pro-environmental behaviour perceptions. *Cogent Education*, 2, 1124490.
4. *Albe, V., & Gombert, M.-J. (2012). Students' communication, argumentation and knowledge in a citizens' conference on global warming. *Cultural Studies of Science Education*, 7, 659-681.
5. Alberta Education. (2002). *Health and life skills guide to implementation: Kindergarten to grade 9*. Retrieved October 23, 2018, from <https://education.alberta.ca/media/1477143/health-gi.pdf>
6. Andrés Gómez, S., & Gaymard, S. (2014). The perception of school climate in two secondary schools during the implementation of a peer support programme. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 12(2), 509-540.
7. Ardoin, N. M., Bowers, A. W., Roth, N. W., & Holthuis, N. (2018). Environmental education and K-12 student outcomes: A review and analysis of research. *The Journal of Environmental Education*, 49(1), 1-17.
8. *Arya, D., & Maul, A. (2016). The building of knowledge, language, and decision-making about climate change science: A cross-national program for secondary students. *International Journal of Science Education*, 38(6), 885-904.
9. *Arya, D. J., & Parker, J. K. (2015). Dialogic action in climate change discussions: An international study of high school students in China, New Zealand, Norway and the United States. *Dialogic Pedagogy: An International Online Journal*, 3, A131-A157.

10. *Atabey, N., & Topcu, M. S. (2017). The development of a socioscientific issues-based curriculum unit for middle school students: Global warming issue. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(3), 153-170.
11. Ballouard, J.-M., Provost, G., Barré, D., & Bonnet, X. (2012). Influence of a field trip on the attitude of schoolchildren toward unpopular organisms: An experience with snakes. *Journal of Herpetology*, 46(3), 423-428.
12. *Besson, U., & De Ambrosis, A. (2014). Teaching energy concepts by working on themes of cultural and environmental value. *Science & Education*, 23(6), 1309-1338.
13. Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals* (1st ed.). Harlow, UK: Longman Group.
14. *Bodzin, A. M., & Fu, Q. (2014). The effectiveness of the geospatial curriculum approach on urban middle-level students' climate change understandings. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 575-590.
15. *Bofferding, L., & Kloser, M. (2015). Middle and high school students' conceptions of climate change mitigation and adaptation strategies. *Environmental Education Research*, 21(2), 275-294.
16. Boon, H. J. (2010). Climate change? Who knows? A comparison of secondary students and pre-service teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 35(1), 104-120.
17. *Breslyn, W., McGinnis, J. R., McDonald, R. C., & Hestness, E. (2016). Developing a learning progression for sea level rise, a major impact of climate change. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(10), 1471-1499.
18. *Chang, C.-H., & Pascua, L. (2015). "The hole in the sky causes global warming": A case study of secondary school students' climate change alternative conceptions. *Review of International Geographical Education Online*, 5(3), 316-331.
19. Chang, C.-H., & Pascua, L. (2016). Singapore students' misconceptions of climate change. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 25(1), 84-96.
20. *Chang, C.-H., Pascua, L., & Ess, F. (2018). Closing the "hole in the sky": The use of refutation-oriented instruction to correct students' climate change misconceptions. *Journal of Geography*, 117(1), 3-16.
21. *Chattuchai, S., Singsewo, A., & Suksringarm, P. (2015). Development of knowledge, awareness, global warming decreasing behavior and critical thinking of grade 11 students using the four noble truths method with meta-cognitive techniques. *Educational Research and Reviews*, 10(16), 2268-2275.
22. Colaianne, B. (2015). Global warning: Project-based science inspired by the Intergovernmental Panel on Climate Change. *The Science Teacher*, 82(1), 37-42.

23. Dalelo, A. (2011). Global climate change in geography curricula for Ethiopian secondary and preparatory schools. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 20(3), 227-246.
24. Dawson, V. (2015). Western Australian high school students' understandings about the socio-scientific issue of climate change. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1024-1043.
25. Dawson, V., & Carson, K. (2013). Australian secondary school students' understanding of climate change. *Teaching Science*, 59(3), 9-14.
26. *Dawson, V., & Carson, K. (2017). Using climate change scenarios to assess high school students' argumentation skills. *Research in Science & Technological Education*, 35(1), 1-16.
27. *Dijkstra, E., & Goedhart, M. (2011). Evaluation of authentic science projects on climate change in secondary schools: A focus on gender differences. *Research in Science & Technological Education*, 29(2), 131-146.
28. Duerden, M. D., & Witt, P. A. (2010). The impact of direct and indirect experiences on the development of environmental knowledge, attitudes, and behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4), 379-392.
29. *Dunkley, R. A. (2016). Learning at eco-attractions: Exploring the bifurcation of nature and culture through experiential environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 47(3), 213-221.
30. *Edstrand, E. (2016). Making the invisible visible: How students make use of carbon footprint calculator in environmental education. *Learning, Media and Technology*, 41(2), 416-436.
31. Eisenack, K. (2013). A climate change board game for interdisciplinary communication and education. *Simulation & Gaming*, 44(2-3), 328-348.
32. Fančovičová, J., & Prokop, P. (2011). Plants have a chance: Outdoor educational programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environmental Education Research*, 17(4), 537-551.
33. Farmer, J., Knapp, D., & Benton, G. M. (2007). An elementary school environmental education field trip: Long-term effects on ecological and environmental knowledge and attitude development. *The Journal of Environmental Education*, 38(3), 33-42.
34. Feierabend, T., Jokmin, S., & Eilks, I. (2011). Chemistry teachers' views on teaching "climate change"—An interview case study from research-oriented learning in teacher education. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 85-91.
35. Frick, J., Kaiser, F. G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: Exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37(8), 1597-1613.

36. Gino, F., Argote, L., Miron-Spektor, E., & Todorova, G. (2010). First, get your feet wet: The effects of learning from direct and indirect experience on team creativity. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 111(2), 102-115.
37. Gold, A. U., Kirk, K., Morrison, D., Lynds, S., Sullivan, S. B., Grachev, A., et al. (2015). Arctic climate connections curriculum: A model for bringing authentic data into the classroom. *Journal of Geoscience Education*, 63(3), 185-197.
38. *Gold, A. U., Oonk, D. J., Smith, L., Boykoff, M. T., Osnes, B., & Sullivan, S. B. (2015). Lens on climate change: Making climate meaningful through student-produced videos. *Journal of Geography*, 114(6), 235-246.
39. Gough, A. (2002). Mutualism: A different agenda for environmental and science education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1201-1215.
40. Gough, N. (2002). Thinking/acting locally/globally: Western science and environmental education in a global knowledge economy. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1217-1237.
41. Herman, B. C., Feldman, A., & Vernaza-Hernandez, V. (2017). Florida and Puerto Rico secondary science teachers' knowledge and teaching of climate change science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(3), 451-471.
42. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2012). Glossary of terms. In C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, et al. (Eds.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation* (pp. 555-564). New York: Cambridge University Press.
43. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Observed changes and their causes. In Core Writing Team, R. K. Pachauri, & L. A. Meyer (Eds.), *Climate change 2014: Synthesis report* (pp. 39-54). Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
44. *Iordanou, K., & Constantinou, C. P. (2015). Supporting use of evidence in argumentation through practice in argumentation and reflection in the context of SOCRATES learning environment. *Science Education*, 99(2), 282-311.
45. *Jeong, J., Kim, H., Chae, D. H., & Kim, E. (2014). The effect of a case-based reasoning instructional model on Korean high school students' awareness in climate change unit. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(5), 427-435.
46. *Jeong, S., & Kim, H. (2015). The effect of a climate change monitoring program on students' knowledge and perceptions of STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(6), 1321-1338.
47. Kahan, D. M., Jenkins-Smith, H., & Braman, D. (2011). Cultural cognition of scientific consensus. *Journal of Risk Research*, 14(2), 147-174.

48. *Karahan, E., & Roehrig, G. (2016). Use of web 2.0 technologies to enhance learning experiences in alternative school settings. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(4), 272-283.
49. *Karpudewan, M., & Mohd Ali Khan, N. S. (2017). Experiential-based climate change education: Fostering students' knowledge and motivation towards the environment. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 26(3), 207-222.
50. *Karpudewan, M., Roth, W.-M., & Chandrakesan, K. (2015). Remediating misconception on climate change among secondary school students in Malaysia. *Environmental Education Research*, 21(4), 631-648.
51. *Kern, C. L., Crippen, K. J., & Skaza, H. (2014). The fidelity and usability of 5-DIE: A design study of enacted cyberlearning. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 33(1), 49-72.
52. *Kinslow, A., Sadler, T., Friedrichsen, P., Zangori, L., Peel, A., & Graham, K. (2017). From global to local: Connecting global climate change to a local ecosystem using a socioscientific issue approach. *The Science Teacher*, 84(7), 39-46.
53. *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.
54. *Korsager, M., & Slotta, J. D. (2015). International peer collaboration to learn about global climate changes. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(5), 717-736.
55. *Koutalidi, S., Psallidasb, V., & Scoulllos, M. (2016). Biogeochemical cycles for combining chemical knowledge and ESD issues in Greek secondary schools part II: Assessing the impact of the intervention. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 24-35.
56. Liarakou, G., Athanasiadis, I., & Gavrilakis, C. (2011). What Greek secondary school students believe about climate change? *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(1), 79-98.
57. Lin, J. (2017). Chinese grade eight students' understanding about the concept of global warming. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1313-1330.
58. Linn, M. C., Eylon, B.-S., Rafferty, A., & Vitale, J. M. (2015). Designing instruction to improve lifelong inquiry learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(2), 217-225.
59. *Lombardi, D., Brandt, C. B., Bickel, E. S., & Burg, C. (2016). Students' evaluations about climate change. *International Journal of Science Education*, 38(8), 1392-1414.
60. McGinnis, J. R., McDonald, C., Hestness, E., & Breslyn, W. (2016). An investigation of science educators' views of roles and responsibilities for climate change education. *Science Edu-*

- cation International, 27(2), 179-192.
61. *McNeal, K. S., Libarkin, J. C., Ledley, T. S., Bardar, E., Haddad, N., Ellins, K., et al. (2014). The role of research in online curriculum development: The case of EarthLabs climate change and earth system modules. *Journal of Geoscience Education*, 62(4), 560-577.
 62. McNeal, P., Petcovic, H., & Reeves, P. (2017). What is motivating middle-school science teachers to teach climate change? *International Journal of Science Education*, 39(8), 1069-1088.
 63. *McNeill, K. L., & Vaughn, M. H. (2012). Urban high school students' critical science agency: Conceptual understandings and environmental actions around climate change. *Research in Science Education*, 42(2), 373-399.
 64. *Monroe, M. C., Hall, S., & Li, C. J. (2016). Can climate change enhance biology lessons? A quasi-experiment. *Applied Environmental Education & Communication*, 15(2), 125-137.
 65. *Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Understanding the greenhouse effect by embodiment—Analysing and using students' and scientists' conceptual resources. *International Journal of Science Education*, 36(2), 277-303.
 66. Nielsen, W. S., Nashon, S., & Anderson, D. (2009). Metacognitive engagement during field-trip experiences: A case study of students in an amusement park physics program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 265-288.
 67. *Nussbaum, E. M., Owens, M. C., Sinatra, G. M., Rehmat, A. P., Cordova, J. R., Ahmad, S., et al. (2015). Losing the Lake: Simulations to promote gains in student knowledge and interest about climate change. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(6), 789-811.
 68. Orey, M. (2010). *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*. Retrieved October 23, 2018, from [http://www.palieducationsociety.org/images/ebooks%20\(13\).pdf](http://www.palieducationsociety.org/images/ebooks%20(13).pdf)
 69. Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). *PISA for development assessment and analytical framework: Reading, mathematics and science*. Paris, French: OECD.
 70. *Pallant, A., & Lee, H.-S. (2015). Constructing scientific arguments using evidence from dynamic computational climate models. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2-3), 378-395.
 71. Petrina, S. (2007). Instructional methods and learning styles. In S. Petrina (Ed.), *Advanced teaching methods for the technology classroom* (pp. 91-122). Hershey, PA: IGI Global.
 72. *Pongsophon, P., Yutakom, N., & Boujaoude, S. B. (2010). Promotion of scientific literacy on global warming by process drama. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1-38.
 73. *Pruneau, D., Gravel, H., Bourque, W., & Langis, J. (2003). Experimentation with a socio-

- constructivist process for climate change education. *Environmental Education Research*, 9(4), 429-446.
74. Punter, P., Ochando-Pardo, M., & Garcia, J. (2011). Spanish secondary school students' notions on the causes and consequences of climate change. *International Journal of Science Education*, 33(3), 447-464
 75. Resnick, L. B. (1987). *Education and learning to think*. Washington, DC: National Academy Press.
 76. Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X., & Wilson, M. (2014). A competence model for environmental education. *Environment and Behavior*, 46(8), 972-992.
 77. *Roychoudhury, A., Shepardson, D. P., Hirsch, A., Niyogi, D., Mehta, J., & Top, S. (2017). The need to introduce system thinking in teaching climate change. *Science Educator*, 25(2), 73-81.
 78. Schönfelder, M. L., & Bogner, F. X. (2017). Two ways of acquiring environmental knowledge: By encountering living animals at a beehive and by observing bees via digital tools. *International Journal of Science Education*, 39(6), 723-741.
 79. Schubert, J. C. (2015). Causes, processes and consequences of "desertification": Results of a qualitative study about the conceptions of 12- and 13-year-old students in Germany. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 24(2), 148-166.
 80. *Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2013). Effects of a 1-day environmental education intervention on environmental attitudes and connectedness with nature. *European Journal of Psychology of Education*, 28(3), 1077-1086.
 81. *Sellmann, D., Liefänder, A. K., & Bogner, F. X. (2015). Concept maps in the classroom: A new approach to reveal students' conceptual change. *The Journal of Educational Research*, 108(3), 250-257.
 82. Shallcross, D. E., & Harrison, T. G. (2007). Climate change made simple. *Physics Education*, 42(6), 592-597.
 83. *Stapleton, S. R. (2015). Environmental identity development through social interactions, action, and recognition. *The Journal of Environmental Education*, 46(2), 94-113.
 84. Stepath, C. M. (2006, July). *Reefs and learning: Education evaluation techniques*. Paper presented at National Marine Education Association Conference. New York.
 85. *Sternäng, L., & Lundholm, C. (2012). Climate change and costs: Investigating students' reasoning on nature and economic development. *Environmental Education Research*, 18(3), 417-436.
 86. *Strømsø, H. I., & Bråten, I. (2009). Beliefs about knowledge and knowing and multiple-text comprehension among upper secondary students. *Educational Psychology*, 29(4), 425-445.
 87. *Sunassee, S. N., Young, R. M., Sewry, J. D., Harrison, T. G., & Shallcross, D. E. (2012). Cre-

- ating climate change awareness in South African schools through practical chemistry demonstrations. *Acta Didactica Napocensia*, 5(4), 31-48.
88. *Tasquier, G., Levriani, O., & Dillon, J. (2016). Exploring students' epistemological knowledge of models and modelling in science: Results from a teaching/learning experience on climate change. *International Journal of Science Education*, 38(4), 539-563.
89. *Tasquier, G., & Pongiglione, F. (2017). The influence of causal knowledge on the willingness to change attitude towards climate change: Results from an empirical study. *International Journal of Science Education*, 39(13), 1846-1868.
90. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, & United Nations Environment Programme. (2011). *Climate change starters guide book: An issues guide for education planners and practitioners*. Paris, French: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
91. *Vitale, J. M., McBride, E., & Linn M. C. (2016). Distinguishing complex ideas about climate change: Knowledge integration vs. specific guidance. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1548-1569.
92. *Wang, H.-Y., Huang, I., & Hwang, G.-J. (2016). Effects of a question prompt-based concept mapping approach on students' learning achievements, attitudes and 5C competences in project-based computer course activities. *Educational Technology & Society*, 19(3), 351-364.
93. Winn, W., Stahr, F., Sarason, C., Fruland, R., Oppenheimer, P., & Lee, Y.-L. (2006). Learning oceanography from a computer simulation compared with direct experience at sea. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 25-42.
94. *Zangori, L., Peel, A., Kinslow, A., Friedrichsen, P., & Sadler, T. D. (2017). Student development of model-based reasoning about carbon cycling and climate change in a socio-scientific issues unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1249-1273.
95. *Zhu, M., Lee, H.-S., Wang, T., Liu, O. L., Belur, V., & Pallant, A. (2017). Investigating the impact of automated feedback on students' scientific argumentation. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1648-1668.

A Review of Climate Change Issue Teaching in Secondary Education—What and How

Hsiao-Min Yu* and Wen-Hua Chang

Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

Abstract

Climate change is an interdisciplinary and socio-scientific contemporary issue. Due to the complexity, abstraction, and criticality of climate change, it is a good theme for science researchers to develop students' scientific literacy. Over the last few years, more and more countries have brought climate change or related topics into curriculum frameworks. In Taiwan, climate change is subsumed a subtopic of interdisciplinary concept in science curriculum framework. Although it is an important issue, there is still no clear teaching guideline. Laypeople, students, and teachers may hold misconception of this issue. However, teaching climate change should be not only about facts and understanding, but also about behavior. Because awareness is the first step of behavior, we want to clarify what kinds of instructions and contexts could promote awareness. For this purpose, we searched Education Resources Information Center (ERIC) database and reviewed 49 related researches on teaching climate change in secondary education. Here, we showed the research trends of teaching climate change in secondary education, and brought a suggestion of teaching strategies and contexts. We found, firstly, studies used direct experiences, such as carrying out action plan, project-based learning, participating in a field trip, as teaching approaches that could not only facilitate understanding about climate change but also enable students to aware of climate change. Furthermore, professional consulting, role-playing, and demonstration may promote comprehension as well as perception. Secondly, the association between selected contexts for learning climate change and student learning outcomes indicated that comparing to local or global contexts, using personal contexts, such as transportation, home energy and appliance, food, or personal purchases, may enhance both understanding and awareness. Finally, we suggest that science educators could pay more attention to cultivate students' adequate understanding of the nature of science in planning climate change education.

Key words: Secondary Education, Global Warming, Climate Change

* Corresponding author: Hsiao-Min Yu, eppieyu19@gmail.com