

# 「自我解釋—討論—再解釋」學習策略對大學生 學習全球暖化相關議題之影響

辛懷梓

國立臺北教育大學自然科學教育學系教授

## 摘要

本研究旨在探討「自我解釋—討論—再解釋」(Self-explain-Discuss-Re-explain, SDR)學習策略對大學生學習全球暖化相關議題的影響。研究對象包括一所大學三個學院多個學系的大學生，共 40 人。本研究使用學習單作為研究工具。學習單中包括有關生態價值觀、全球暖化知識與學習參與度等問題。研究者分析從學習單中所收集的數據，以了解 SDR 學習活動對學生學習和學習投入的影響。研究結果顯示，85%的學生在討論活動中發言，表明大部分學生積極地參與學習活動。在經過 SDR 活動後，學生全都表示不贊成二氧化碳海洋封存，因為擔心如此一來恐有破壞生態平衡之虞。另外，學生普遍缺乏關於二氧化碳和甲烷對全球暖化貢獻百分比的事實知識，但有學生提出人類才是全球暖化元兇的觀點，直指全球暖化的核心原因。總體而言，學生們認為 SDR 策略使他們能夠積極參與學習，對議題也能思考得更為深入與全面。最後，對環境教育教學和 SDR 學習策略的運用提出建議。

**關鍵字：**二氧化碳海洋封存、生態價值觀、全球暖化元兇、「自我解釋—討論—再解釋」學習策略、獨立思考

## 壹、緒論

聯合國政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC])的評估報告明確顯示，全球暖化速度比原本憂心的還快，而且幾乎全可歸咎於人類所導致(IPCC, 2021)。地球暖化主要是燃燒化石燃料產生的二氧化碳排放和加速土地利用造成地球吸收溫室氣體的能力降低所導致。二氧化碳的上升始於西方工業國家開始大量開採和燃燒煤炭的 18 世紀後期。在 20 世紀，不斷膨脹的人口和消費大大增加了化石燃料的開採和燃燒數量，加上更多土地被用於種植農作物和飼養牲畜，導致大氣中二氧化碳和另一種強效溫室氣體甲烷的含量飆升(Climate change: A status report, 2021)。世界氣象組織(World Meteorological Organization [WMO])指出，二氧化碳是大氣中最重要的溫室氣體，約占長效溫室氣體變暖效應的 66%，其產生主要是因為化石燃料的燃燒和水泥生產。甲烷是排在二氧化碳之後的第二大溫室氣體，約占氣候變暖效應的 16%，人為甲烷來源大致可分為兩方面，其一是源自天然氣生產、煤炭開採和垃圾掩埋場的氣體逸出，其二是來自家畜和糞肥處理。暖化造成氣溫上升，也帶來更多的天氣極端事件，包括高溫 and 強降雨、冰層消失、海平面上升和海洋酸化，並伴隨着深遠的社會經濟影響(WMO, 2021)。

為了穩定維持大氣中溫室氣體的濃度，使氣候系統不受到人為干擾，聯合國於 1992 年通過《聯合國氣候變化綱要公約(the United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)》，並自 1995 年起每年召開「締約方會議」(Conference of the Parties, COP)。1997 年，在日本京都舉行的第 3 次締約方會議(COP3)通過《京都議定書(Kyoto Protocol)》，已開發國家承諾對二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫等 6 種溫室氣體，定出具體減量目標。2005 年，京都議定書正式生效。2015 年，COP21 會議通過《巴黎協定》取代原有的《京都議定書》，該協定呼籲已開發和發展中國家共同做出減排承諾，要求簽署國制定「國家自訂貢獻」(Nationally Determined Contributions, NDC)。多達 197 個國家與地區簽署，承諾將設法讓全球升溫不超

過工業革命前平均值 2°C，並以控制在 1.5°C 為努力方向。2021 年，COP26 氣候大會將「逐步減少化石燃料」寫入官方文本中，同時為了凸顯氣候危機的迫切性，也要求世界領導人在 2022 年的 COP27 氣候大會具體說明他們將減排多少，以及何時開始減少排放。

近年來全球暖化和氣候變遷帶來的威脅日益嚴重，而減緩全球暖化的工作需要全球各國的共同努力。聯合國通過 UNFCCC 即是在凝聚全球各國共識，落實溫室氣體減排，防止氣候變遷，保護氣候系統以使人類和其他生物能永續發展。事實上，全球暖化肇因於人為的溫室氣體，而人為的溫室氣體是由人類所產生的，因此要解決全球暖化的問題端賴於人，且關鍵就在於人類對自然資源與生態環境的認知、態度與行為。由於環境相關問題已是當今每個人不得不面對的現實，而解決之道也有賴所有人的參與，因此現代人都必須具備環境素養，從而凸顯環境教育的重要與必要。雖然，啟迪學生的環境覺知，培養其正確合宜的環境態度和價值觀，以及能在日常生活中落實環保行為是教育中極為重要的一環，但是，什麼樣的教學策略可以培養學生的環境認知與價值觀呢？

在一個知識爆炸的時代，每個人每天都會接收到各式各樣的信息。獨立思考是一個人面對所接收信息時，為了說服自己其為真實或合理，大腦所進行分析、綜合、判斷、推理、概括等的思維活動，也是基於個人觀察和經驗而不是僅僅跟隨他人的想法來理解世界的過程。由此可知，獨立思考是學生構建其理解與知識的不二法門。因此，促進獨立思考的教與學策略適合幫助學生構建其理解與知識。為了鼓勵學生獨立思考，教師可以提出問題，要求學生應用、分析、綜合和評估信息。在這種情況下，學生為理解新信息而由自己產生的推斷即是自我解釋(Chi, de Leeuw, Chiu, & LaVancher, 1994; Rittle-Johnson, 2006)，所以自我解釋是一種符合建構主義學習理論的學習策略。自我解釋亦是一種教學策略，教師可藉由鼓勵學生回答問題，從而培養學生獨立思考的能力和習慣。

自我解釋可以落實獨立思考，但一個人的知識與經驗畢竟有限，正如《禮記·學記》中所謂「獨學而無友，則孤陋而寡聞」，因此在本研究中，我們採用的是「自我解釋—討論—再解釋」(Self-explain-Discuss-Re-explain, SDR)學習策略(Chang & Hsin, 2020)。SDR 策略是以自我解釋開始，學生根據他們自己的思

考來回答並解釋學習單中問題的答案，接下來進行能具體展現合作學習效能的討論活動(小組討論和組間分享)。在討論活動中，學生可以透過同儕之間面對面互動對話的歷程，分享、批判彼此的觀點，透過對不同觀點的論辯，從而擴展對問題理解的視野。討論活動的一個功能在於獲得共識，但這不是我們要追求的教學目標。我們的教學目標在於培養學生獨立思考的能力和習慣，因此在討論活動後，接著進行再解釋的活動，讓學生依據自己的分析、評估來決定對原先的答案予以保留或修正。SDR 策略使用具有挑戰性的問題來引起學生的學習興趣與動機，引導學生主動探索、解釋、合作與溝通，以建構知識與理解和培養獨立思考的能力與習慣。

本研究目的在針對選修研究者所開設環境教育通識課程的大學生，探討 SDR 學習策略對其在「全球暖化與氣候變遷」課程上學習的影響。本研究教學單元「全球暖化與氣候變遷」為整學期環境教育課程中的一部分。研究者依教學內容設計 SDR 活動學習單，並藉由學習單的分析結果來了解 SDR 學習活動對學生環境知識與價值觀的影響，以及了解學生參與學習的程度。

## 貳、SDR 策略的理論基礎

SDR 策略是合作學習(cooperative learning)和自我解釋(self-explanations)策略的複合體。它是一種符合建構主義以學生為中心的教與學策略。以下針對合作學習和自我解釋在 SDR 策略中的作用和功能，以及 SDR 策略對學生學習成效的影響進行探討。

### 一、SDR 策略中的合作學習

合作學習有很多不同的定義，例如：使用小組教學，讓學生共同努力，以最大的限度提升自己和彼此的學習成效(Johnson & Johnson, 1990)；以小組為中

心和以學生為中心的課堂教學方法(Sharan, 1994)；教師將學生組織成小組，然後互相幫助學習學術內容的教學方法(Slavin, 2011)。儘管學者們對合作學習沒有統一的定義，但他們都認同合作學習為「學生以小組形式合作並互相幫助實現學習目標的一套方法」(Johnson & Johnson, 2009)。合作學習已被證明可以有效提升學生的學習成效(Roseth, Johnson, & Johnson, 2008; Sharan, 2002; Slavin, 2013)，其有效性可從社會動機觀點、社會凝聚力觀點(也稱為社會相互依賴觀點)、認知精緻化觀點和認知發展觀點等四種不同的觀點來解釋 (Slavin, 2013)。

從社會動機和社會凝聚力觀點來看，在小組成員之間建立相互依賴關係以鼓勵彼此的學習至關重要；但社會動機觀點側重於由獎勵驅動的外在動機來促進合作學習，而社會凝聚力觀點則側重於由團隊成員彼此關懷驅動的內在動機來促進合作學習(O'Donnell & Hmelo-Silver, 2013)。相較於這兩種觀點，認知精緻化觀點主張，學習者必須進行某種形式的認知重組或材料的精緻化(在合作學習中，認知重組或精緻化過程主要是經由同儕互動來實現)，以保留住信息並將其與記憶中已有的信息相關聯(Wittrock, 1978)。最後，第四種觀點—認知發展觀點主要是基於 Piaget(1950)與 Vygotsky(1978)的理論；這兩種理論雖然都依賴社會互動來解釋認知增長和學習，但它們在一些主要方面有所不同。根據皮亞傑(Piaget)的觀點，當與同儕進行討論時，學生會經歷認知衝突，造成認知不平衡，進而刺激換位思考能力和認知發展(Johnson & Johnson, 1994)。皮亞傑的理論認為，兒童的認知發展很大程度上源於獨立的探索，他們在探索中構建自己的知識(Eggen & Kauchak, 2013)。而從維高斯基(Vygotsky)的角度來看，兒童的認知發展源於他們和其同伴共同構建知識時在近側發展區內引導學習的社會互動(Eggen & Kauchak, 2013)。相較於皮亞傑，維高斯基更強調「影響認知發展的文化、促進認知發展的社會因素、語言在認知發展中的作用、成年人或更有能力的同儕」在認知發展上的重要性(McLeod, 2018)。維高斯基認為，不對稱的互動通過鷹架過程促進了認知能力的發展，而皮亞傑則相反，提出認知發展取決於同伴互動的相對對稱性，這使兒童能夠在同伴擁有平等權力和有機會相互影響的環境中發展認知能力(O'Donnell & Hmelo-Silver, 2013; Wentzel & Edelman, 2017)。

本研究中使用的 SDR 策略包括自我解釋、討論和再解釋等三個步驟，其中第二步「討論」即是典型的合作學習活動。討論是重要的合作學習活動，原因是：它鼓勵頻繁地重複信息和解釋，對學習成效產生積極的影響；它使相互衝突的觀點可以面對面交流，從而增加了對不同觀點的保留、理解和整合；它為同儕的反饋，支持和鼓勵提供了大量機會(Baloche, 1998)。由於本研究聚焦於探究學習策略背後的認知過程，因此學生的學習成效將以認知精緻化觀點(基於信息處理理論)和皮亞傑與維高斯基的認知發展觀點來解釋。從認知精緻化觀點來看，同儕互動可以幫助學生進行基本的信息處理活動，諸如編碼、基模激活、演練、後設認知和檢索，從而導致更深層次的處理和更積極的參與，像是同儕反饋可以幫助學生決定何時需要檢查他們對試圖解釋的內容的理解(O'Donnell & Dansereau, 1992; O'Donnell et al., 1986)。Webb (1989, 2008)聲稱，相互解釋和提問的過程是有效的精緻化策略，且從合作活動中獲益最多的學生是那些向他人提供詳盡解釋的學生。在本研究中，學生在參與討論活動時，需要解釋或澄清他們的想法，並聽取他人的解釋。因此，他們被引導參與有助於增強他們學習和理解的精緻化過程。此外，從皮亞傑的觀點來看，學生在討論過程中可能會遇到不充分或錯誤的推理，因而產生認知不平衡的狀況；然而，通過同化和適應過程可以獲得新的理解，繼而恢復認知平衡。再者，與維高斯基學派的觀點一致，參與本研究的學生分成以 4-5 人為一小組，以便高先備知識者可以通過鷹架的過程和低先備知識者在其近側發展區域內進行合作學習。基於上述理論，本研究所使用 SDR 策略中的討論活動預期將能促進學生的學習和理解。

## 二、SDR 策略中的自我解釋

自我解釋效應最早是由 Chi、Bassok、Lewis、Reimann 與 Glaser (1989)所提出。自我解釋是一種學習策略，它鼓勵學生通過將所呈現的信息與先前知識相關聯，從中產生推論(指的是超出所給定的信息)，並將其與先前信息整合來

詳細闡述所呈現的信息(Fonseca & Chi, 2011)。自我解釋效應已在各個年齡組、領域和教學形式中進行了廣泛的研究；這些研究結果顯示，學生被提示解釋學習材料比那些沒有被提示解釋的學生學到的更多(Bielaczyc, Pirolli, & Brown, 1995; Chi et al., 1994; Rittle-Johnson, 2006; Wong, Lawson, & Keeves, 2002)。Chi (2000)認為，中介自我解釋效應的潛在認知機制是，自我解釋使學生認識到差異並填補知識空白，以及構建和修復他們的心智模型。Rittle-Johnson 與 Loehr (2017)指出，進行自我解釋可以提高學生理解(超越回憶學習材料的事實、概念和想法的知識)和遷移(成功地將規則或解決方案應用於不熟悉的問題和/或情境)的能力。

Wylie 與 Chi (2014)指出，自我解釋在沒有邏輯推理和/或理由的領域中並不有效。換句話說，如果自我解釋只產生很少的推論，或者解釋不是推論而是釋義，則自我解釋可能就無法促進學習(Chi et al., 1994; DeCaro & Rittle-Johnson, 2012; Hausmann & Chi, 2002; Teasley, 1995)。進行自我解釋最有助於提高對具有核心一般性原則領域的理解和遷移(Rittle-Johnson & Loehr, 2017)。這就是為什麼自我解釋適合於學習數學與科學，而不適合於學習英文文法的原因(Wylie, Sheng, Mitamura, & Koedinger, 2011)。此外，自我解釋提示的設計也很重要，因為自我解釋提示在改善學習的某些面向時，同時也可能會損害其他面向(Rittle-Johnson & Loehr, 2017)。例如，著重於關鍵概念的自我解釋提示有利於提高對領域原理的理解，但有害於遷移績效(Berthold, Röder, Knörzer, Kessler, & Renkl, 2011)。

Wylie 與 Chi (2014) 區分自我解釋提示為五種型式：開放式、聚焦式、鷹架式、資源式、選單式。隨著上述五種型式從開放式到選單式的變化，很明顯地，自我解釋提示的取向變得越來越集中。首先，開放式的自我解釋提示沒有對學生的解釋施加限制或指導。其次，聚焦式的提示雖然沒有對學生的回答給予限制，但會針對自我解釋的內容提供明確的說明(例如，比較和對比)。再者，鷹架式提示藉由引導學生填寫缺少的部分來完成解釋。最後，資源式和選單式的提示透過要求學生分別從詞彙表和選單中做出選擇來進行解釋；資源式和選單式的不同之處在於資源式詞彙表中的選項遠多於選單中的選項。過去的一些

研究表明，在多媒體環境中，提供更集中方向的聚焦式、鷹架式、資源式或選單式的提示比開放式提示更好(Berthold, Eysink, & Renkl, 2009; Gadgil, Nokes-Malach, & Chi, 2012; Johnson & Mayer, 2010; van der Meij & de Jong, 2011)。儘管先前的研究表明，集中取向的自我解釋提示在多媒體環境中較開放式提示好，但本研究中使用的 SDR 策略並未應用於多媒體的環境。在本研究 SDR 活動中，學生會被要求針對學習單上的問題，在開放式提示引導下，進行自我解釋(他們不僅需給出問題的答案，還要解釋或證明他們的答案)。

### 三、SDR 策略對學習成效的影響

根據 Chi (2009)的理論框架，學習活動可分為四類：被動性、主動性、建構性和互動性。Fonseca 與 Chi (2011)指出：被動的學習活動包括聽講座、看視頻或閱讀文本等；主動學習活動的具體示例包括以螢光筆標記文本、用手指點或打手勢、在文本下劃線、複製和貼上以及在電腦螢幕上點擊；建構性學習活動的範疇包括生成自我解釋、創建概念圖、提出問題、繪製圖表以及比較和對比案例等；互動的學習活動包括回應鷹架、回應老師的問題、質疑夥伴的陳述以及互相提問和回答問題等。被動活動的判定標準是學習者在學習時沒有從事任何可觀察到的公開活動。相較於被動活動，主動活動要求學習者參與可觀察的公開學習活動，而建構性活動更進一步要求學習者不僅參與可觀察的公開學習活動，還需要在原材料之外創造一些額外的產出。基於上述的判定標準，被動學習活動所需的認知過程可以被認為是直接存儲過程，亦即它是以情節不連貫和不考慮背景脈絡的方式存儲呈現的信息來中介學習。然而，主動和建構性學習活動所需的認知過程和被動學習活動不同，它們可以分別被認為是同化和創造過程。同化過程可以通過激活和加強現有知識來中介學習，以有意義的方式存儲信息，而創造過程有可能通過產生推論和修復心智模型來增強學習。由於自我解釋屬於建構性活動的範疇，自我解釋可以讓具有高先備知識的學習者修復他們現有的心智模型，並讓先備知識低的學習者產生推論來填補知識空白



(Chi, 2000)。

Fonseca 與 Chi (2011)從他們對許多研究的回顧中發現，自我解釋總是比被動或主動學習活動產生更高的學習成效。此外，與其他建構性學習活動相比，自我解釋也能帶來同等甚至更高的學習成效。然而，互動學習活動如夥伴之間的對話，將比自我解釋帶來更好的學習成果，前提是對話包含雙方的實質性貢獻。Fonseca 與 Chi 指出，互動式學習活動所需的認知過程可以被認為是共同創造和同化的過程，這些過程通過編碼修正性回饋、採取新觀點或創造新的理解來中介學習。互動學習活動比建構性學習活動產生更大學習成果的原因在於，參與此類活動的學生可以通過增加有價值的信息、新觀點、修正性回饋等，從同儕的貢獻中受益。換句話說，與任何一個獨自學習的學生相比，參與互動式學習活動的學生可以獲得更深入的理解。根據 Fonseca 與 Chi 的觀點，SDR 策略因能為學生提供建構性和互動性的學習活動，故它應該能夠促進學生的學習。

## 參、研究設計與實施

### 一、研究工具設計

本研究的研究工具為學習單。學習單中包括要求學生回答的問題、學生的自我解釋和再解釋(即學生在討論前和討論後對問題的回答)，以及詢問學生有無在討論活動中發言。本研究的教學單元「全球暖化與氣候變遷」主要是探討全球暖化和氣候變遷的成因與後果，以及調適、因應的方法。在減緩全球暖化的對策上，減少碳排放和捕獲與封存 CO<sub>2</sub> 皆是可行的作法，而在諸多封存方式中，CO<sub>2</sub> 海洋封存即是其中的一種。針對 CO<sub>2</sub> 海洋封存，有些人會認為如此可減少大氣中的 CO<sub>2</sub> 而持贊成的看法，但也有些人因擔憂如此一來可能造成海洋酸化，影響海洋生態平衡，而持反對的意見。由於「生態平衡」是環境教育追求的一個重要指標，因此為了解學生對生態平衡價值觀的看法，研究者設計「二

氧化碳海洋封存」作為學習單中的第一個問題。另外，為了解學生對全球暖化效應的認知程度，遂設計「全球暖化元兇」作為學習單中的第二個問題。以上即為學習單中所包括的兩個問題(它們分別有關價值觀與事實知識)。

## 二、教學準備——分組

本研究教學者(即研究者)具有在國內一所大學擔任環境教育通識課程授課十多年的經驗。參與本研究的研究對象為選修 109 學年度上學期環境教育通識課程的學生。他們來自研究者所任教學校 3 個學院的多個學系，共 40 人。雖然整個學期的環境教育課程是使用多元教學方式(包括 SDR)進行，但為聚焦 SDR 學習策略對學生學習成效的影響，本文僅針對 SDR 教學部分進行探討。在進行 SDR 教學前，先將全班學生分組，每組 4-5 人。在分組時，由於學生所屬學系和年級並不一致，不易判斷其了解環境相關知識的程度，因此未使用異質性分組，而是採隨機方式進行分組。本課程教學場地是在多功能互動教室，原因是該教室內配置有足夠使用的 15 張圓桌，方便同一組的成員圍坐同張桌子，進行互動討論。分組後，研究者向學生說明 SDR 進行的步驟與活動方式，並安排各小組成員輪流擔任小組長，負責組內和組間討論的進行與時間控制。

## 三、教師全班教學

在 SDR 教學前，先進行全班教學。本研究的教學單元為「全球暖化與氣候變遷」，教學時間規劃為二週，共四小時。教學內容是參考聯合國政府間氣候變化專門委員會(IPCC)第五次評估報告所顯示，人類活動所造成之暖化和環境變遷問題，已經對全球環境造成嚴重的挑戰，各國無不致力積極推動碳排減量、淨零排放等氣候行動。因此，在教育上當務之急便是亟需推動民眾節能減碳，形成社會消費與生產型態的典範移轉。本研究教學目的在讓學生理解環境變遷

的相關概念，省思環境與人的關係，以及覺知與實踐環境行動力。教學面向主要是探究面對環境變遷可能帶來的影響，如何利用科學知識，作為調適、因應的手段，以減少災害對人類與其他物種的衝擊，並從國際視野來思考臺灣的環境特性與未來可能面對的問題。教學強調面對全球暖化與環境變遷議題的跨領域思維，內容包括：環境變遷科學面向(成因與後果)、災害防救、IPCC《全球氣候評估報告》重點摘要與全球應對衝擊的調適與措施。

上課前，先針對單元主題進行廣泛的資源蒐集與整合，設計成一系列的教學引導活動。教學除講述說明外，亦包括提問與討論及影片觀賞。在提問與討論方面，研究者會提出與生活經驗連結的問題，以提高學生學習的興趣。提問後，先邀請同學回答問題和發表看法，然後再進行全班討論。一般而言，同學們頗為接受這樣的教學方式。但是，這樣藉由在講述過程中適時拋出問題，邀請幾位同學回答，再經由全班討論，最後由研究者補充、修正的方式，是否還有哪些不足之處呢？研究者發覺至少存在一個缺點，即是對於那些未被邀請回答問題和未在全班討論時發言的同學，無法知道他們是否真的有在參與討論，認真地思考問題的答案。因此，如何引導所有同學都參與討論，便成為一個在教學上須要克服的問題。而 SDR 學習策略正是企圖解決此問題，引導全體同學參與學習的方法。

## 四、SDR 教學

在全班教學後，將準備好的學習單分發給學生，接著進行 SDR 策略的學習活動。SDR 學習策略包括三個步驟。

### 步驟 1：自我解釋

首先，學生在小組尚未進行討論的情形下，寫下他們對學習單上問題的回答及理由。然後，小組長請小組中的每位成員以至多 1 分鐘的時間向其他成員說明所書寫的答案和理由。

### 步驟 2：討論

在此步驟中，學生可針對同一小組成員不同的想法進行批判性思考、論證(檢驗支持主張的證據、理由、所依據的理論，以及是否有異例存在)和溝通。但有些同學雄辯滔滔，往往欲罷不能，以致占了太多時間，而導致其小組仍在興致勃勃的討論時，其他小組已結束討論。因此，為合理控制時間與保持活動進行順暢，規範每一小組進行組內討論的時間為三至五分鐘。在組內討論結束後，各小組整理答案並派一位代表到教室前白板上寫下該小組討論的要點，最後由研究者主持組間討論，請各小組針對其所提出與其他小組不同看法之處進行說明，然後進行全班討論。

### 步驟3：再解釋

在「討論」步驟之後，學生檢視自己在步驟1「自我解釋」中所寫的答案及理由，並決定是否修改它們。

雖然學生在SDR策略的第一步和第三步這兩個步驟的學習活動相似，但是在這兩個步驟中促使學生產生解釋的背景卻大不相同。由於這些背景是SDR策略效能的關鍵所在，因此有必要進一步描述它們。

通常，當小組成員輪流表達他們的觀點時，輪到的那個人很可能會受到之前發表觀點的人的影響，而個人若因採納他人觀點來替代自己的原創觀點時，就會使得不同觀點的數量減少。為了防止這種情況發生，在SDR策略的第一步「自我解釋」中，要求小組成員先書寫對學習單上問題的回答。然後，輪流在小組中用口語表達他們自己在學習單上所書寫的答案。這樣，可以確保他們的原創觀點保持不變。

「自我解釋」步驟之後是「討論」。在「討論」步驟中，每位組員都對自己和其他組員的觀點進行批判性的辯論。然而，當組員處於不確定自己觀點是否正確的情況下，他們很有可能放棄自己對問題的答案，而接受多數組員支持的答案。如果學習活動在「討論」步驟之後結束，則「討論」會傾向主要在溝通大家的觀點，以獲得共識。在此情況下，一些組員由於受到多數組員的影響，會輕易接受他們的觀點，而不再對其進行咀嚼、消化，進而分析、評估與推論，這就會使他們失去獨立思考的機會。

事實上，SDR策略中「討論」的目的不是在達成共識，而是在促使每位學

生思考，以及通過與同儕的互動討論來發展其批判性思維。這就是為什麼在「討論」之後，還要有「再解釋」步驟的原因。學生在「再解釋」步驟中分析自己和他人的觀點，評估支持和反對的理由，最後做出推論以決定是否要更改自己在「自我解釋」步驟中所給出的答案。與「自我解釋」步驟中所產出的答案相比，學生在「再解釋」步驟中應有可能因導正自己疏忽、迷思或認知不足所導致的錯誤，而使得所產出的答案更為準確。因此通過這樣的過程，SDR策略可引導學生深入學習，同時培養其獨立思考的能力與習慣。

## 五、研究資料分析

本研究分析學生所完成的學習單，進行學生對各問題在「討論前」回答贊成或不贊成(同意或不同意)，以及在「討論後」回答修改或不修改之人數統計。另外，亦針對學生在「討論活動中」有無發言進行人數統計。依據統計和分析結果，可以了解學生的先備知識或價值觀、學生在討論活動中的參與度，以及討論活動對學生先備知識或價值觀的影響。

## 肆、結果與討論

本節分析學生對學習單中「二氧化碳海洋封存」和「全球暖化元兇」兩個問題的回答。表 1 顯示的是學生在「討論前」對問題回答是否贊成或是否同意，在「討論後」回答是否修改，以及在「討論活動中」有無發言之人數統計。

**表1 學生針對學習單中問題，在討論時有無發言，在每題「討論前」回答同意或不同意，以及在「討論後」回答修改或不修改之人數統計一覽表**

問題	討論前		討論後		發言	
	同意	不同意	修改	不修改	有	沒有
1	3(7.5%)	37(92.5%)	3(7.5%)	37(92.5%)	34(85%)	6(15%)
2	32(80%)	8(20%)	16(40%)	24(60%)	34(85%)	6(15%)

## 一、學習單中問題一的 SDR 活動分析

**問題一：**有論者提出將二氧化碳(CO<sub>2</sub>)存放入土地中，讓大氣中的 CO<sub>2</sub> 濃度變低。更有人提出把 CO<sub>2</sub> 存放回大海之中，作為減少大氣中溫室氣體的方式，許多國家願意一試。以通過管線將 CO<sub>2</sub> 注入深度 1000 公尺以下的海洋中，讓海洋將 CO<sub>2</sub> 吸收掉，就不會逸入大氣之中。你是否同意上述作法？同意或不同意的原因為何？

在本題的討論活動中，學生有 34 (85%)人發言，6 (15%)人未發言(表 1)。受到大眾媒體對全球暖化的頻繁報導和學校與社會對此議題的關注，每位同學對暖化影響地球生物與環境應該都有一定程度的了解。對大多數發言的同學而言，他們由於對暖化議題的關切，所以對因應暖化相關的作法便會持有一些自己的觀點，因此在 SDR 活動的引導下，便很自然地在討論時和同儕們進行分享與交流。至於少數未發言的同學，他們可能有見解，但因不習慣表達，故而保持緘默的態度，也或許真的因欠缺對「問題」的深入了解，所以對因應之道沒有具體的看法而未發言。同學們在本題討論活動中的發言率達 85%，顯示發言相當踴躍。由於在進行 SDR 學習活動前已明白告知同學，他們是否回答學習單中問題及有無在討論中發言不列入修課成績考量，因此他們能積極地參與討論發言應是受到 SDR 策略的影響。所以，SDR 活動可以引導學生融入學習情境，積極地參與討論。

在討論前，反對將 CO<sub>2</sub> 注入深海的學生有 37 (92.5%)人，贊成的有 3 (7.5%)人。學生反對是基於一些疑慮及覺得有更佳的替代方法。茲將學生的疑慮整理如下：在建造和操作管線工程過程中可能製造更多的 CO<sub>2</sub>；注入到海洋中的 CO<sub>2</sub> 還是有可能會回到大氣中；大量 CO<sub>2</sub> 進入海洋會使海水 pH 值下降，影響海洋生態的平衡，使得某些海洋生物死亡，海洋生物多樣性減少，導致海洋生態浩劫；若造成生態破壞，難以究責。另外，學生認為與其考慮將 CO<sub>2</sub> 注入深海，倒不如思考如何從生活與生產中降低 CO<sub>2</sub>，建議的相關作法包括：加強環境教育及海洋教育，透過大眾的力量來減碳；節約能源；搭乘大眾運輸工具；汽機

車電動化；少吃肉類；增加植被；立法禁止砍伐；規範更多限制碳排放的法規。由上述反對的觀點可知，大部分學生不信任以 CO<sub>2</sub> 注入深海的方式來減少 CO<sub>2</sub>，甚至擔憂此一方式會造成海洋生物的生存危機。相較之下，有 3 位學生贊成將 CO<sub>2</sub> 注入深海，他們認為這樣能有效減少大氣中的 CO<sub>2</sub>。然而，在討論後，這 3 位全都將意見由贊成改為反對，其理由是將 CO<sub>2</sub> 注入深海可能會讓海洋酸化，危害海洋生物多樣性，破壞海洋生態。全班 37 位在討論前表示反對的學生，在討論後選擇不修改，仍保持其反對的意見，而且他們在討論後所提出反對的理由在面向上要較在討論前所提的多。

另外，值得注意的是在討論活動中的發言情形。全班 40 人中，有 34 人發言，6 人未發言。在討論前贊成將 CO<sub>2</sub> 注入深海的 3 位學生中，有 1 位在討論中發言，2 位未發言。由於這 3 位在討論後皆將其原贊成意見修改為反對，可知 3 人中那位加入討論發言的學生，明顯是受到和同儕互動交流的影響而造成看法上的改變，而另外 2 位雖未參與發言，但他們在討論後會改變看法，也顯示出他們有聽進去同儕所發表的意見。至於在討論前反對將 CO<sub>2</sub> 注入深海的 37 位學生中，有 33 位在討論中發言，4 位未發言，且這 37 位在討論後都維持反對的看法。在討論活動中發言的 33 位學生，他們在討論後所提觀點的內容皆較其在討論前的更為充實，而 4 位在討論中未發言的學生也有同樣的情形，因此可知這 4 位未發言討論的學生還是有認真聆聽和思考同儕的看法，他們其實並沒有將自己隔絕於討論活動之外。由上述可知，由於 SDR 學習活動可以創造合作學習的氛圍和互動討論的機會，所以它能引導大部分的學生積極地參與學習。對於那些在討論中未發言的學生，由於 SDR 策略中的「再解釋」步驟要求學生反思自己和他人的觀點，評估支持各個觀點的理由，再依據個人獨立思考作出判斷，所以他們還是能和那些在討論中發言的學生一般，從同儕互動對話的內容中，參考多元觀點，擴展個人對議題內涵理解的視野。

在 SDR 學習活動後，研究者會綜整學生的看法，進行補充說明及提出建議。CO<sub>2</sub> 海洋封存的「減碳」作法是解方還是隱憂？這個問題值得探討。自工業時代以來，以 CO<sub>2</sub> 為主的人為溫室氣體被大量排放到大氣中，使得全球暖化現象日益嚴重。暖化造成極地冰原融化，海平面上升，使得沿海城市可能被淹

沒；此外，暖化亦導致氣候變遷，產生極端暴雨及乾旱現象，衝擊農林漁牧、社經活動及全球生存環境(周文臣，2015)。為了減緩全球暖化，除了努力減少碳排放之外，研發捕獲與封存 CO<sub>2</sub> 的技術亦是可減少大氣中 CO<sub>2</sub> 的對策，其中一種封存方式即是透過管線或是船舶運送所捕獲的二氧化碳，注入到深海或是較深的海床進行海洋封存(李元亨，2017)。針對 CO<sub>2</sub> 海洋封存，有些同學認為如此一來可以有效減少大氣中的 CO<sub>2</sub>，因而抱持贊成的看法，但也有同學提出可能造成海洋酸化，破壞生物多樣性，影響海洋生態平衡等問題，而抱持反對的意見。因此，有必要進一步了解 CO<sub>2</sub> 海洋封存的利弊得失和現實狀況。海洋占有地表近 71% 的面積，平均深度約為 3,800 公尺，因此海洋有極大的封存 CO<sub>2</sub> 的潛能。根據多年有關海洋封存的發展與研究，CO<sub>2</sub> 無論以何種相態進行封存，皆無法避免溶於海水中，而如此會改變海水的 pH 值，造成海洋酸化(李元亨，2017)。海洋酸化會導致珊瑚造礁能力降低，不利許多海洋生物生長，衝擊整體海洋生態；海洋酸化亦可能對濱海區域的經濟活動和人類的糧食供應造成影響(周文臣，2015)。此外，全球或各國的海洋法規和環境法規也欠缺有關 CO<sub>2</sub> 海洋封存的相關規範。因此，海洋封存需要更多的研究和審慎評估以了解其對生態系統的影響性及風險，同時也需要建立完整的法律規範(李元亨，2017)。既然 CO<sub>2</sub> 海洋封存仍有一些隱憂尚未排除，那麼減緩全球暖化的最佳解方何在？當然除了海洋外，還有其它如森林、土壤等可以吸收或儲存 CO<sub>2</sub>，但正所謂「釜底抽薪」，解決問題還是要從根本上著手。全球暖化問題的根本在於人為排放過多的 CO<sub>2</sub>，因此從根本上解決暖化就是要減少 CO<sub>2</sub> 的排放，而最佳解方就是「節能減碳」。同學們可從日常生活中落實節能減碳，例如：搭乘捷運、公車，或騎腳踏車上、下學；力行減塑；盡量少吃肉多吃菜；使用節能家電；使用電動汽機車；使用物品時，抱持減量、再利用與回收原則等。

## 二、學習單中問題二的 SDR 活動分析

**問題二：**CO<sub>2</sub> 是光合作用的關鍵要素。植物利用陽光提供的能量，將 CO<sub>2</sub> 與水



結合生成醣類，提供地球上幾乎所有的生物能量。少了 CO<sub>2</sub>，我們便無法存活。自工業革命以來，大氣中 CO<sub>2</sub> 含量不斷攀升，但 CO<sub>2</sub> 並非造成全球暖化的唯一氣體，甲烷也是。甲烷的吸熱能力較 CO<sub>2</sub> 高出 28 倍，所以甲烷才是全球暖化的元兇。你是否同意甲烷是全球暖化的元兇？同意或不同意的原因為何？

在本題的討論活動中，有 34 (85%)位學生發言，6 (15%)位未發言，而這 6 位正是第一題討論中未發言的學生(表 1)。本題中未發言的學生可能和他們不願意對自己不確定的答案表達看法，亦或許他們真的是不習慣參與互動討論，故而保持沉默不語。本題與第一題的題目內容皆與全球暖化有關。近年來廣播、電視、報紙、雜誌與網路等經常報導全球暖化的相關警訊，例如：根據《自然氣候變化(Nature Climate Change)》2020 年期刊內容，海冰面積由於全球暖化縮小，造成北極熊因覓食困難，預計將在 2100 年滅絕；根據法新社報導，近年來受到與全球暖化有關的極端天災影響，亞洲、非洲、美國和歐洲都經歷暴雨帶來的嚴重水患，北美出現千年一遇的熱浪，澳洲和西伯利亞遭到破紀錄野火燎原；歐盟哥白尼氣候變化服務(Copernicus Climate Change Service)在最新的年度評估報告中證實，過去 7 年(2015-2021)是全球有紀錄以來最熱的 7 年，且在 2021 年，歐洲出現史上最熱的夏天和北美洲出現史無前例的高溫，以及溫室氣體中的二氧化碳和甲烷在大氣中的濃度持續上升。這些聳動的新聞伴隨著觸目驚心的畫面，無一不在向世人敲響警鐘，提醒減緩全球暖化的行動已刻不容緩，全球必須共同面對。這些暖化導致災難的警訊引起一般社會大眾的憂心，以及對造成暖化的溫室氣體的關注。對本研究的大學生而言，他們身為社會的一分子，對溫室氣體應該都有一定程度的關注與了解，所以若有適當的學習策略配合，應可引導他們積極地參與相關議題的討論。本題有高達 85%的同學在討論活動中發言，此與第一題的發言率相同。由這些高發言率可知，SDR 活動可以創造同儕互動、意見分享與交流的氛圍情境，引導學生積極地參與討論。

在討論前，同意甲烷是全球暖化元兇的學生有 32(80%)人，不同意的有 8(20%)人。茲將同意的觀點整理如下：雖然 CO<sub>2</sub> 在大氣中含量過高，但因其吸熱能力較甲烷弱，所以對溫室效應的影響不會較甲烷大；植物的生長需要 CO<sub>2</sub>，只是工業革命以來的人類活動，造成 CO<sub>2</sub> 在大氣中的比例急遽上升，若因此就

讓 CO<sub>2</sub> 背負元兇的罪名，太不公平了，況且還有其它對全球暖化影響更大的溫室氣體；全球暖化是必然的，甲烷與 CO<sub>2</sub> 都是元兇；人類才是元兇，改善人類的活動，才是解決之道；因為 CO<sub>2</sub> 原本就存在，全球暖化的現象本來也就有，只是因為人類的發展使速率提升，所以我不是很認同 CO<sub>2</sub> 是元兇。綜上所述，學生認為 CO<sub>2</sub> 對地球上生物的生存有其存在的意義與價值，不應因其過量造成全球暖化就指其為元兇，應給予其公允的評價，且甲烷也是溫室氣體，吸熱能力又較 CO<sub>2</sub> 強，因此不認同 CO<sub>2</sub> 是元兇，甚至直指人類才是造成全球暖化的罪魁禍首。相較之下，不同意全球暖化元兇是甲烷的學生相對較少，只有 8 位；他們皆主張人類活動造成 CO<sub>2</sub> 過量排放，是全球暖化的主因。值得注意的是全部 40 位學生中，沒有一位提及 CO<sub>2</sub> 與甲烷對地球溫室效應的貢獻率，顯示他們對此皆不知曉。

在討論前，不同意甲烷是全球暖化元兇的 8 位學生全都參與了討論發言，其中 7 位在討論後選擇不修改答案，1 位修改。相較之下，在討論前同意甲烷是全球暖化元兇的 32 位學生中，有 26 位參與討論發言，其中 15 位在討論後選擇修改答案，11 位不修改。由此可知，不同意甲烷是全球暖化元兇的學生在堅持自己的看法上比率較高。另外，有 6 位同學未參與討論發言，他們在討論前全都同意甲烷是全球暖化的元兇，且在討論後皆選擇不修改答案。比較學生在第一題和第二題的表現，發現學生在這兩題討論活動中的發言率(85%)相同，但受到討論活動影響的程度卻有差異。在第一題中，討論前有 3 位學生持同意看法，討論後這 3 人全改為持不同意的看法，改變率為 100%(另外的 37 人在討論前、後，皆持不同意的看法)。在第二題中，持不同意看法的學生在討論前有 8 (20%)人，在討論後變為 22 (55%)人。這個結果應和題目本身有關。第一題題目涉及價值觀與態度。在這題的討論活動前，同意 CO<sub>2</sub> 海洋封存的學生認為如此可減緩全球暖化，但在討論時，同儕提出 CO<sub>2</sub> 海洋封存有破壞生態平衡的疑慮，應先審慎評估，所以他們在權衡利弊得失後，修改為不同意。由討論後學生的看法可知，他們普遍認同生態平衡對地球上生物永續發展的意義與重要性，因此傾向不同意對生態平衡具有潛在風險和威脅的 CO<sub>2</sub> 海洋封存。第二題題目涉及事實知識。這題的討論活動讓持不同意看法的學生，由討論前的 8 (20%)人變

為討論後的 22 (55%)人；雖然此結果顯示出討論能影響學生的看法，但效果顯得也相對有限。原因在於客觀、不容辯駁的看法需要定量數據的支持，如果持不同意看法的人能有憑有據說出 CO<sub>2</sub> 和甲烷對地球溫室效應的貢獻率，則應會更有說服力來改變持同意看法的人，而使得持不同意看法的人數增加。

在 SDR 學習活動後，我對 CO<sub>2</sub> 和甲烷對地球溫室效應的影響補充了如下的說明。溫室氣體能吸收地表受太陽加熱以後散發出去的長波(紅外線)輻射，並將吸收的能量以輻射方式再向地表和天空釋出，如此熱量可保存在大氣層內，使地面溫度不會下降太快，地表年均溫因此能保持在 14°C 左右，而此現象即稱為溫室效應。如果沒有溫室氣體，地球表面平均溫度會從現在的 14°C 下降到零下 18°C(National Geographic Society, 2018)。天然的溫室氣體如水蒸氣(H<sub>2</sub>O) (60%天然溫室效應製造者，水蒸氣雖然是天然溫室效應的主要原因，但普遍認為它的成分並不直接受人類活動所影響)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、臭氧(O<sub>3</sub>)、氟氯碳化物(CFCs)、氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)、及六氟化硫(SF<sub>6</sub>)等一起共同產生天然溫室效應。但人類在工業革命後排放過多的溫室氣體，造成人為溫室效應，使地表溫度逐漸增加。因此，京都議定書及我國「溫室氣體防治法」中列出須受管制的溫室氣體如二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫等 6 種，其中以氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫造成溫室效應的能力最強，但二氧化碳因排放量最多，故對全球暖化總體影響最大(王碧玲，2007)。同學們可能因為甲烷所造成的暖化影響力是 CO<sub>2</sub> 的 28 倍(此為 IPCC AR5 中的數值，AR4 中的數值為 25，AR3 中的數值為 23) (IPCC, 2014)，因此誤以為甲烷是全球暖化的元兇。根據世界氣象組織溫室氣體公報，CO<sub>2</sub> 約占長效溫室氣體變暖效應的 66%，甲烷約占 16%(WMO, 2021)。所以 CO<sub>2</sub> 才是造成全球暖化的最主要溫室氣體，甲烷居次。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

#### (一) 學生具有減緩全球暖化作法不宜破壞生態平衡的價值觀

在「自我解釋」活動時，全班 40 位學生中就已有 37 位考慮 CO<sub>2</sub> 海洋封存會影響海洋生態平衡之虞而持反對意見，就連僅有的 3 位考慮 CO<sub>2</sub> 海洋封存可減少大氣中 CO<sub>2</sub> 而持贊成意見的學生，也在「討論」活動後，受到同儕顧慮海洋酸化的影響而改變看法，以致在「再解釋」時，40 位學生全都持反對意見。由此觀之，學生對於生態平衡的意義應有相當的認識，了解海洋若因封存 CO<sub>2</sub> 而導致酸化，則可能會影響珊瑚造礁，進而在連鎖反應下，使海洋生態平衡遭受破壞，甚至影響人類的經濟活動和糧食供應(周文臣，2015)。因此，他們表現出生態平衡必須維護的價值觀，任何減緩全球暖化的作法都不應以犧牲生態平衡為代價。

#### (二) 學生缺乏二氧化碳和甲烷對全球暖化效應貢獻率的事實知識

在「討論」活動前，全班 40 位學生中只有 8 (20%)位認為全球暖化的元兇是 CO<sub>2</sub>。在討論後，認為元兇是 CO<sub>2</sub> 的學生雖增為 22 (55%)人，但還是有約一半的人認為元兇是甲烷。由於節能減「碳」、淨零「碳」排、低「碳」消費、低「碳」生產、低「碳」經濟.....已是國際間遏阻全球暖化趨勢的共識，所以原預期大部分學生會認為 CO<sub>2</sub> 是全球暖化的元兇，但結果卻並非如此。究其原因應是和題目中提到「甲烷的吸熱能力較 CO<sub>2</sub> 高出 28 倍」有關，部分學生可能受其影響，誤以為甲烷的吸熱能力強，所以是全球暖化的最主要貢獻者。但是，

在人類活動所排放的溫室氣體中，CO<sub>2</sub> (66%)占氣溫變暖效應的比率遠大於甲烷 (16%)，因此 CO<sub>2</sub> 才是全球暖化的最主要貢獻者，甲烷居次(WMO, 2021)。但從另一個角度來看，不可否認的，那些導致全球暖化的溫室氣體全因人類活動而產生，因此有學生提出「人類才是全球暖化元兇」的看法，其實這才真的是正中問題核心。人類唯有正視自己惹的禍，積極檢討修正，才能避免步入萬劫不復的絕境。

### (三) SDR 可以培養學生獨立思考、合作學習、口頭表達、批判思考和問題解決的能力

SDR 策略的實施是以學習單作為工具，它包括 3 個步驟：自我解釋、討論與再解釋。學習單中包括問題和學生對問題的回答。學生需要回答問題兩次。首先，在討論活動前，學生須依據他們自己的認知作出第一次的回答，而此即為步驟 1 的「自我解釋」；這個步驟可以培養學生獨立思考的能力。其次，在步驟 2 的「討論」中，學生可以經由有效的互動和溝通，釐清支持自己和他人看法的證據與理由；在本研究的討論活動中，學生發言率高達 85%，表示 SDR 確可創造鼓勵學習的氛圍，以及互動與分享的情境，故這個步驟可以培養學生合作學習、口頭表達與批判思考的能力。最後，學生必須批判性地思考支持和反對各種看法的證據與理由，並依據自己的判斷，作出最終決定，而此即為步驟 3 的「再解釋」，所以「再解釋」可培養學生批判思考、獨立思考和問題解決的能力。綜上所述，SDR 可以培養學生獨立思考、合作學習、口頭表達、批判思考和問題解決的能力。

### (四) 學生普遍認同 SDR 學習策略

在課程結束前，研究者以問卷調查方式來了解學生使用 SDR 學習策略的心得。一般而言，學生對 SDR 皆持正面看法，例如：「使用 SDR 上課方式，讓我們有理性的思考模式，並且跳脫以往思考框架，能夠藉由同儕相互討論來彼

此整合出關於問題的相關想法。我認為這是一個滿新穎的上課方式，對學生來說也比較有參與感」、「從前從沒這樣上過，真的我比較深入思考問題，也沒有發言的壓力，覺得收穫良多，讚！使用學習單學習有效率，我覺得自己上老師的課最認真，會隨時注意課程內容，也會檢視自己與他人的看法。」由上可知，學生肯定 SDR 的學習方式，認為 SDR 能提升他們的專注力來深入思考問題，以及能提供他們互動討論的機會來反思不同的看法，引導其積極參與學習。另外，還有同學表示「本課程是我首次接觸 SDR 學習法，經由自我思考、討論和再思考的過程，幫助我對於議題能深度且多元性地探索，期待自己未來能更了解此教學法，並應用於小學教學現場，讓小朋友能以此方法學習」，可見學生認同 SDR 學習策略。

## 二、建議

### （一）在環境教育方面

環境教育有很多值得探討的議題，教學時可針對其中某一項議題設計教學內容，將與議題相關的知識和價值觀整合融入到課程單元中，並安排體驗活動讓學生覺知相關的環境問題，獲得行動經驗，進而表現出環保態度和實踐環保行為。以本研究為例，本研究「全球暖化與氣候變遷」學習單中第 1 題「CO<sub>2</sub> 海洋封存」就涉及「減緩全球暖化」與「生態平衡」的價值觀，而第 2 題「全球暖化元兇」則是事實知識。藉由這兩個题目的探討，讓學生自己從反思中，理解出不宜以可能會破壞生態平衡的 CO<sub>2</sub> 海洋封存的方式來達到減緩全球暖化的目的，以及極端氣候的始作俑者是人類，進而體認出全球暖化的最佳解方就是人類要力行「節能減碳」的生活。因為「節能減碳」生活其中一項就是「減塑」，因此在 SDR 活動後，安排了淨灘。有些學生在淨灘後表示，這是他們第一次參加淨灘活動，發現沙灘上有好多塑膠袋和塑膠碎片，這些都是被人隨意丟棄的證據，想到課堂影片中那些海洋動物因誤食塑膠垃圾而受害，真是可憐，而人

類汙染海洋，亦終將自食其果。還有學生反思，在個人方面：要參加淨灘以減少垃圾流入海洋，重複使用塑膠產品，以及減少使用一次性塑膠產品；在政府方面：要研發塑膠替代品，落實限塑令，以及加強教育來規範大眾的行為。這樣的淨灘活動使學生獲得為永續發展盡一份力的環保經驗，學生也透過淨灘，覺知減塑的重要與必要。「全球暖化與氣候變遷」和「淨灘」的教學目標即期望學生能在價值觀與覺知的影響下，產生環保的態度，進而表現出在生活中不亂丟棄垃圾，盡量重複使用塑膠產品，以及減少使用一次性塑膠產品的行為。上述教學內容仍有很多可發展空間，研究者對此持續省思精進之道，以求能提供學生最佳的學習活動內容與學習策略，達到提升其環境素養的目的。

## （二）在 SDR 學習策略方面

SDR 學習策略可以培養學生獨立思考、合作學習、口頭表達、批判思考與問題解決等能力，而且學生也頗為接受此一學習策略。學生普遍認為 SDR 學習活動能引起他們的興趣，使其學習更為專注，思考更為深入，老師在 SDR 結束後的總結也讓他們對所學內容記憶更為深刻。因此，SDR 適合作為一種教與學的策略。一個常見的情況是，全班學生中總是有少數幾個人未在討論中發言。但是，這些同學因須面對討論後的再解釋，所以還是會傾聽、參考其他人的意見，他們其實還是有受到討論活動的影響。針對在討論中有學生不愛發言的現象，建議可多實施 SDR 教學活動，以引導這些學生在經常接受同儕分享意見的友善環境下，因想要融入、回饋小組團體，而逐漸地變得開始發表看法。另外，附帶一提的是，在過去十多年中，研究者帶領中小學教師接連探究 SDR 對 3-9 年級學生學習科學的影響，研究結果均顯示 SDR 能有效提升學生的學習成效。因此，SDR 適用於不同年級的學生，有興趣的各級教師可參考使用。

## 陸、誌謝

本文承蒙主編與評閱教授給予在撰寫上極有幫助的寶貴建議和意見，特別是建議將原本多元策略的教學修正為如上的僅聚焦在 SDR 策略的教學，使得本文的主軸更為明確且論述也更為深入，特此致謝。

## 柒、參考文獻

- 王碧玲(2007)。全球暖化與溫室效應的影響。科技發展政策報導，79(4)，75-79。
- 【Wang, B.-L. (2007). Global Warming and Greenhouse Effect. *Sci-Tech Policy Review*, 79(4), 75-79.】
- 李元亨(2017)。二氧化碳封存(二)：海洋封存與生態影響。科技大觀園。取自 <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=e93872ac-97d1-40d8-bfbc-57a0d3bf9adf>
- 【Li, Y.-H. (2017). *Carbon dioxide sequestration (2): Ocean sequestration and ecological impacts*. *Sci-Tech Vista*. Retrieved from <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=e93872ac-97d1-40d8-bfbc-57a0d3bf9adf>】
- 周文臣(2015)。逐漸酸化的海洋。科學月刊，546，456-461。
- 【Zhou, W.-H. (2015). Acidifying ocean. *Science Monthly*, 546, 456-461.】
- Baloché, L. A. (1998). *The cooperative classroom: Empowering learning*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Berthold, K., Eysink, T. H. S., & Renkl, A. (2009). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. *Instructional Science*, 37(4), 345-363. doi: 10.1007/s11251-008-9051-z
- Berthold, K., Röder, H., Knörzer, D., Kessler, W., & Renkl, A. (2011). The double-edged effects of explanation prompts. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 69-75. doi: 10.1016/j.chb.2010.05.025
- Bielaczyc, K., Pirolli, P. L., & Brown, A. L. (1995). Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem-solving. *Cognition and Instruction*, 13, 221-252. doi: 10.1207/s1532690xci1302\_3
- Chang, T. L., & Hsin, H. T. (2020). The effect of the Self-explain–Discuss–Re-explain (SDR) learning strategy on high- and low-achieving fifth-grade students' achievement in science. *Research in Science & Technological Education*. 39(1), 1-28. doi: 10.1080/02635143.2020.1772223



- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 161-238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science, 1*(1), 73-105. doi: 10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science, 13*, 145-182.
- Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M. H., & LaVanher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science, 18*, 439-477.
- Climate change: A status report. (2021, April 24). *New Scientist, 250*(3331), 38-41. doi: 10.1016/S0262-4079(21)00703-X
- DeCaro, M. S., & Rittle-Johnson, B. (2012). Exploring mathematics problems prepares children to learn from instruction. *Journal of Experimental Child Psychology, 113*(4), 552-568. doi: 10.1016/j.jecp.2012.06.009
- Eggen, P., & Kauchak, D. (2013). *Educational psychology: Windows on classrooms*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.
- Fonseca, B. A., & Chi, M. T. H. (2011). Instruction based on self-explanation. In R. E. Mayer, & P. A. Alexander (Eds.), *The handbook of research on learning and instruction* (pp. 296-321). New York: Routledge.
- Gadgil, S., Nokes-Malach, T. J., & Chi, M. T. H. (2012). Effectiveness of holistic mental model confrontation in driving conceptual change. *Learning and Instruction, 22*(1), 47-61. doi: 10.1016/j.learninstruc.2011.06.002
- Hausmann, R. G. M., & Chi, M. T. H. (2002). Can a computer interface support self-explaining? *Cognitive Technology, 7*(1), 4-14.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1990). What is cooperative learning? In M. Brubacher, R. Payne, & K. Rickett (Eds.), *Perspectives on small group learning: Theory & practice* (pp. 68-79). Ontario: Rubicon Publishing Inc.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1994). *Learning Together and Alone*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.

- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379. doi: 10.3102/0013189X09339057
- Johnson, C. I., & Mayer, R. E. (2010). Applying the self-explanation principle to multimedia learning in a computer-based game-like environment. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1246-1252. doi: 10.1016/j.chb.2010.03.025
- McLeod, S. A. (2018). "Lev Vygotsky." Accessed 5 August 2018. <https://www.simplypsychology.org/vygotsky.html>
- National Geographic Society (2018, May 18). *The greenhouse effect and our planet*. [Online]. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.org/article/greenhouse-effect-our-planet/4th-grade/>
- O'Donnell, A. M., & Dansereau, D. F. (1992). Scripted cooperation in student dyads: A method for analyzing and enhancing academic learning and performance. In R. Hertz-Lazarowitz, & N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 120-141). New York, NY: Cambridge University Press.
- O'Donnell, A. M., Dansereau, D. F., Hythecker, V. I., Larson C. O., Skaggs L., & Young, M. D. (1986). *The effects of monitoring on cooperative learning*. *Journal of Experimental Education*, 54(3), 169-173.
- O'Donnell, A. M., & Hmelo-Silver, C. E. (2013). Introduction: What is collaborative learning? An overview. In C. E. Hmelo-Silver, C. A. Chinn, C. K. K. Chan, & A. M. O'Donnell (Eds.), *The international handbook of collaborative learning*, (pp. 1-15). New York, NY: Routledge.
- Piaget, J. (1950). *The Psychology of Intelligence*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting transfer: Effects of self-explanation and direct instruction. *Child Development*, 77(1), 1-15. doi: 10.1111/j.1467-8624.2006.00852.x
- Rittle-Johnson, B., & Loehr, A. M. (2017). Instruction based on self-explanation. In R. E. Mayer, & P. A. Alexander (Eds.), *The handbook of research on learning and instruction* (pp. 349-364). New York, NY: Routledge.
- Roseth, C. J., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2008). Promoting early adolescents' achievement and peer relationships: The effects of cooperative, competitive, and individualistic goal structures. *Psychological Bulletin*, 134(2), 223-246. doi: 10.1037/0033-2909.134.2.223
- Sharan, S. (1994). Cooperative learning and the teacher. In S. Sharan (Ed.), *Handbook of cooperative learning methods* (pp. 51-64). London: Greenwood Press.
- Sharan, S. (2002). Differentiating methods of cooperative learning in research and practice. *Asia Pacific Journal of Education*, 22(1), 106-116. doi: 10.1080/0218879020220111

- Slavin, R. E. (2011). Instruction based on cooperative learning. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 344-360). New York: Taylor & Francis.
- Slavin, R. E. (2013). Cooperative learning and achievement: Theory and research. In W. Reynolds, G. Miller, & I. Weiner (Eds.), *Handbook of psychology* (Vol. 7, pp. 199-212). Hoboken, NJ: Wiley.
- Teasley, S. D. (1995). The role of talk in children's peer collaborations. *Developmental Psychology*, 31(2), 207-220. doi: 10.1037/0012-1649.31.2.207
- van der Meij, J., & de Jong, T. (2011). The effects of directive self-explanation prompts to support active processing of multiple representations in a simulation-based learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(5), 411-423. doi: 10.1111/j.1365-2729.2011.00411.x
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13(1), 21-39. doi: 10.1016/0883-0355(89)90014-1
- Webb, N. M. (2008). Learning in small groups. In T. L. Good (Ed.), *21st century education: A reference handbook* (pp. 203-211). Los Angeles, CA: Sage.
- Wentzel, K. R., & Edelman, D. W. (2017). Instruction based on peer interactions. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *The handbook of research on learning and instruction* (pp. 365-387). New York, NY: Routledge.
- Wittrock, M. C. (1978). The Cognitive Movement in Instruction. *Educational Psychologist* 13, 15-29.
- Wong, R. M. F., Lawson, M. J., & Keeves, J. (2002). The effects of self-explanation training on students' problem solving in high-school mathematics. *Learning and Instruction*, 12(2), 233-262.
- World Meteorological Organization (2021, Oct. 25). *Greenhouse gas bulletin - No.17: The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2020*. [Online]. Retrieved from [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10904](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10904)
- Wylie, R., & Chi, M. T. H. (2014). The self-explanation principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 413-432). New York, NY: Cambridge University Press.
- Wylie, R., Sheng, M., Mitamura, T., & Koedinger, K. R. (2011). Effects of adaptive prompted self-explanation on robust learning of second language grammar. In G. Biswas, S. Bull, J. Kay, & A. Mitrovic (Eds.), *Proceedings of the 15th international conference on artificial intelligence in education* (pp. 588-590). Auckland, New Zealand: Springer Berlin Heidelberg.

**作者簡介：**

辛懷梓 國立臺北教育大學自然科學教育學系 教授

電話：(03)27321104 # 63321

電子郵件：hth@tea.ntue.edu.tw

通訊處：10671 臺北市大安區和平東路二段 134 號

**Huai-Tzu Hsin**

Professor, Department of Science Education, National Taipei University of Education

Tel: 886-2-27321104 # 63321

Email: hth@tea.ntue.edu.tw

Address: No.134, Sec. 2, Heping E. Rd., Da-an District, Taipei City 106, Taiwan  
(R.O.C.)

## **The Impact of the Self-explain–Discuss–Re-explain (SDR) Learning Strategy on College Students’ Learning of Global Warming-related Issues**

**Huai-Tzu, Hsin**

*Professor, Department of Science Education, National Taipei University of Education*

### **Abstract**

This study aims to explore the impact of the Self-explain–Discuss–Re-explain (SDR) learning strategy on college students' learning of global warming-related issues. Forty college students from different departments in three university colleges participated in this study. This study used worksheets as the research instruments. The questions on the worksheets are related to students' ecological value, knowledge about global warming, and learning engagement. The researcher analyzed the data collected from the worksheets to understand the impact of SDR learning activities on students' learning and engagement. The results showed that 85% of the students spoke in discussion activities, indicating that most actively engaged in learning activities. After the SDR activities, all the students expressed their disapproval of carbon dioxide ocean sequestration because they worried that it might destroy the ecological balance. In addition, students generally lacked factual knowledge of the percentages of the contribution of carbon dioxide and methane to global warming. Still, some students put forward the view that human beings were the culprits of global warming, pointing directly to the core cause of global warming. In general, the students thought that the SDR strategy enabled them to engage in active learning and to think more deeply and comprehensively about issues. Finally, suggestions are made for teaching environmental education and using the SDR learning strategy.

**Keywords:** Carbon dioxide ocean sequestration, Ecological value, Global warming

culprit, Self-explain–Discuss–Re-explain (SDR) learning strategy,  
Independent thinking