

COVID-19疫情下ESD課程實施之研究： 以友善蜂類環境線上課程為例

徐慶宏 王子華*

國立清華大學 教育與學習科技學系

摘要

由於學校課程中的環境教育長期缺乏社會及經濟面向的考量，本研究在教育部所推動之NEED理念下，以蜂作為ESD課程主題，基於SDGs中Target 2.4、4.7、12.8與15.9之理念發展課程，同時擬定3項實施策略以改善COVID-19疫情下實施線上課程缺乏學習互動的困境。研究對象為修習環境教育的18位大學生，實施過程以自編的3項研究工具透過Google Forms進行資料蒐集。結果發現，透過Google Meet實施線上課程，輔以促進學習互動的實施策略，使參與者間接地體驗與觀察自然，進而改變蜂類的先備知識與刻板印象，並深入關注全球性的蜂議題及其與農業的關聯性；在ESD課程的學習互動方面，生態影像教材能提升「學習者與教材內容之互動」，線上合作任務的規劃亦提升「學習者與同儕之互動」，同時達成UNESCO所提出之ESD關鍵素養。

關鍵詞：永續發展教育、蜂、新世代環境教育發展、新冠肺炎、學習互動

壹、研究動機

環境教育早已深植在臺灣的正規教育中，鑑於學校長期偏重環境面而欠缺社會及經濟面的考量，教育部遂提出新世代環境教育發展(New-generation Environmental Education Development, NEED)理念，期待能在既有的教育架構中接軌國際社會對於2030年永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)的共同期待(教育部，2021)，進而實踐永續發展教育(Education for Sustainable Development, ESD)，這是本研究的主要背景。

西元2006年以來，世界各地相繼爆發蜜蜂大量消失的現象，造成蜂農巨大的損失(王重雄等，2009)。大規模的蜜蜂減少會對生態產生重大的負面影響，也危及糧食作物的生產與安全(Potts et al., 2010)，這項議題因為涉及SDGs的範疇而備受關注，因此，如何以ESD理念發展「友善蜂類環境」議題之課程，是本研究的動機之一。

COVID-19疫情在2021年5月間進入第三級警戒，教育部指示各級學校改採線上教學模式，主管環境教育訓練的機構亦停止實體

*通訊作者：王子華，tzuhuawang@mx.nthu.edu.tw；ORCID：0000-0002-4085-9851

投稿：2023/2/1，修訂：2023/6/13，接受：2023/6/15；線上出版：2023/10/19

授課，「環境教育人員認證」展延課程因而不受15小時線上學習之限制。然而相關研究指出線上學習已面臨缺乏師生互動、學生缺乏積極性、無法提供技能操作的教學等困境(Korkmaz & Toraman, 2020)。採用線上教學的ESD課程如何突破互動性、積極性的限制，是本研究的第二個動機。

綜上，有鑑於當前教育部推動NEED理念以實踐聯合國倡議之SDGs，本研究首要動機在開發一套以在地化的「蜂」議題為主題之ESD課程並付諸教學實施，第二個動機在於提出策略以解決COVID-19疫情下實施線上教學卻缺乏互動性的困境以及其成效評估，研究問題包括：

- 一、基於ESD理念之友善蜂類環境課程之內涵為何？
- 二、在COVID-19疫情下推動友善蜂類環境課程之線上教學策略與成效為何？

貳、文獻回顧

一、ESD與NEED

永續發展被定義為「既滿足當代人的需求又不損害後代人滿足其需求的能力的發展」(World Commission on Environment and Development, 1987)。ESD一詞起源於1977年的Tbilisi政府間環境教育會議(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 1978)，也陸續出現在1992年的地球高峰會(Earth Summit)，以及聯合國(United Nations [UN])將2005～2014年指定為永續發展教育十年的決議中。在Rio會議的報告書中明確指出，「教育對於促進永續發展和提高人們解決環境和發展問題的能力至關重要」(United Nations Sustainable Development, 1992,

Section 36.3)，這是UNESCO呼籲以「教育行動」來促進永續發展的濫觴。

「永續發展可被視為內容，永續發展教育是建立人們行動素養的過程」(Olsson et al., 2016, p. 184)。永續發展包括社會、環境和經濟等三大支柱，包括人權、和平與人類安全、自然資源、氣候變遷、減少貧困……等15個觀點，為永續學習提供形式和內容(UNESCO, 2006)。聯合國於2015年第70屆大會中由195個國家達成共識並公布一項行動計畫——《改善我們的世界：2030年永續發展議程》，內容揭示17條SDGs及169項指標(Targets)，宣稱要在千禧年發展目標(millennium development goals)的基礎上尋求實現所有人的人權並實現性別平等和賦予所有女性的權力(UN, 2015)。SDGs平衡了永續發展的三個面向：經濟、社會和環境，以尋求在更大的自由中加強普遍和平，並且強調消除一切形式和層面的貧窮會是全球最大的挑戰(UNESCO, 2015)。

ESD旨在「培養個人素養，使他們能夠從在地和全球的角度反思自己的行為，同時考慮到他們當前和未來的社會、文化、經濟和環境影響」，其中的關鍵素養包括「系統思維素養、預期素養、規範素養、戰略素養、批判性思維素養、自我意識素養、綜合解決問題的素養」等7項，而Target 4.7明訂「確保所有學習者獲得促進永續發展所需的知識和技能，包括通過教育促進永續發展和永續生活方式、人權、性別平等……」，亦即強調ESD對於其他16條目標是至關重要的(UNESCO, 2017)。西元2021年5月在柏林召開的「聯合國教科文組織世界永續發展教育研討會」(UNESCO World Conference on Education for Sustainable Development)視訊

會議，會中通過《柏林永續發展教育宣言》(Berlin Declaration on Education for Sustainable Development)，共同承諾至2025年要將ESD納入各級教育體系的核心課程中(許毅璿、高志璋，2021)。要將ESD納入各級教育體系的核心課程中，可以參採ESD課程之設計架構，Eilam與Trop (2010)提出了ESD教學架構的4個要素包括：傳統的學術學習(即單科教學) (academic learning)、跨領域學習(interdisciplinary learning)、多面向學習(multidimensional learning)，以及情感的學習(emotional learning)。在ESD教學設計的步驟方面，張子超(2019)認為環境教育議題融入的課程發展可依循Tyler (1949)的4個步驟即：尋求達成什麼教育目標？提供什麼教育經驗？如何組織這些教育經驗？及如何決定目標是否獲致？換言之，課程設計時應依序進行確認目標、選擇經驗、組織經驗與課程評鑑等4個步驟。

應對聯合國的SDGs，教育部(2021)已提出NEED理念，旨在接軌SDGs，期能在原有的「環境教育」架構中，促進「社會」進步與綠色「經濟」的發展，實質接軌國際社會對於2030年SDGs的共同期待。因此，發展臺灣在地化的ESD課程是各級學校刻不容緩的要務。綜合上述討論，本研究發展之ESD課程將應用Tyler (1949)的4個步驟進行設計，並掌握Eilam與Trop (2010)提出的跨領域學習、多面向學習與情感學習等要素。

二、蜜蜂議題與ESD課程的連結

蜂群崩解失調症(Colony Collapse Disorder, CCD)是指養殖蜜蜂大量消失的現象，科學上的主要定義為蜜蜂的蜂群內發生外勤工蜂大量的消失，蜂巢內只殘留蜂王、

卵、剛羽化的年輕工蜂和儲存的食物，無法找到蜜蜂巢遭受侵襲的證據，以及蜂巢內可以發現寄生性蜂蟻等現象(Dainat et al., 2012)。西元2006年在美國東海岸爆發嚴重的CCD，接續西海岸亦有蜂群空前的損失之相關報導，歐洲、中國也相繼發生CCD，這種現象造成蜂農極大的損失(王重雄等，2009)，除了蜂蜜、蜂王乳、花粉等相關產品的損失外，依賴蜜蜂授粉的植物將無法繁殖而導致數量下降，CCD的問題更加凸顯「蜜蜂」扮演著提供重要生態系統服務的關鍵角色。Potts等(2010)指出大規模授粉媒介動物減少的原因有：棲息地喪失和破碎化、農用化學品、病原體、外來物種、氣候變化，以及前述原因之間的相互作用等，這會對生態和經濟產生重大的影響，甚至影響糧食作物的生產、安全和人類福祉等。臺灣雖未發生大規模CCD，蜜蜂消失與野生蜂的議題卻已受到廣大關注，例如陳政佑等(2021)指出野生獨居蜂在蜜蜂大量減少時可以作為授粉媒介的備援物種，因而在校園中架設獨居蜂公寓(solitary bee hotel)，提升野生蜂類的多樣性，藉此友善環境來提升野蜂數量。

Munkebye等(2020)針對挪威ESD跨領域課程單元進行分析後指出，14所小學的單元主題都藉由「自然科學」與當地社區聯繫起來，而且「對植物和動物物種的瞭解」是「增加對永續發展和保護生物多樣性承諾的因素」(p. 10)；有學者指出，學生需要根深蒂固且易於使用的知識，即使在不可預見的新情況下也是如此，這稱之為「知識能力」(knowledge capabilities)，也就是一種在未來面對新情況發生並需要採取行動時依據知識做出適當決定的能力(Bowden, 2004; Nordén, 2018)。因此，上述養殖蜜蜂大量消失的現

象正需要由自然科學領域切入探討，瞭解臺灣一旦發生大規模的CCD將會降低糧食生產量，並衝擊臺灣糧食的供給與分配，其嚴重性已關乎臺灣社會福祉，因此本研究以蜂議題作為ESD課程的主題。

質言之，蜂類議題在全球視野下之問題解決與應對的思考方向必須兼顧永續發展的三大支柱——社會、環境和經濟面向，因此蜂類議題與SDGs的Goal 2、Goal 4、Goal 12、Goal 15等相互關聯，如表1；從生物學的角度瞭解蜂類的生態(Target 15.9)，才能促進與蜂類和諧相處並維護其棲地(Target 12.8)，進而確保蜂類的多樣性，有了多樣性的蜂類協助授粉與抑制害蟲，方可確保糧食生產的永續性(Target 2.4)，而這些永續發展的思考與過程，必須透過優質的教育(Target 4.7)歷程來確保學習者獲得促進永續發展所需的知識和技能。本研究遂以此4項Targets之局部內容發展一套符合教育部倡議之NEED理念的ESD課程。

教育部倡議之NEED理念強調環境教育必須接軌聯合國的SDGs，從中培育學生的環境及永續教育素養，更重視學生的環境素養能夠兼重社會及經濟面向的視野，因此

蜂類多樣性的議題正是ESD所必須探討的課題。綜合文獻回顧，多數教師難以實踐將永續發展議題融入教學是因為缺乏適切的教學案例，以及ESD必須採取跨領域模式教學而不同於傳統的單科教學之故(Borg et al., 2012; Munkebye et al., 2020)。本研究以蜂議題作為跨領域課程設計的主題，連結SDGs中Goal 2、Goal 4、Goal 12、Goal 15之部分內涵，因此可以為臺灣本土提供NEED理念導入教學的實施案例，課程設計也同時掌握ESD兼重環境、經濟與社會三大面向之核心理念。

三、線上課程的學習困境與解決策略

回顧臺灣環境教育課程的實施現況，各機關的環境教育4小時課程以網路學習及影片觀賞居多，而且在室內學習的機關(77.32%)遠高於室外學習的機關(22.68%)，其中「互動式」和「學習者中心」的課程較為缺乏(吳鈴筑、張子超，2018)。自從全球COVID-19疫情嚴峻以來，相關研究提出了線上學習的困境是師生缺乏互動、學生缺乏積極性(羅方吟、陳政煥，2021；Assaf & Gan, 2021; Hebebcı et al., 2020; Korkmaz & Toraman, 2020)。綜而言

表1：蜂課程對應之SDGs

Goals	Targets
Goal 2	Target 2.4 ：到2030年，確保永續的糧食生產系統並實施有復原力的農業實踐，以提高生產力和產量，幫助維持生態系統，加強適應氣候變化、極端天氣、乾旱、洪水和和其他災害的能力，並逐步改善土地和土壤品質。
Goal 4	Target 4.7 ：到2030年，確保所有學習者獲得促進永續發展所需的知識和技能，包括通過教育促進永續發展和永續生活方式、人權、性別平等、促進和平與非暴力文化、全球公民文化多樣性和文化對永續發展的貢獻。
Goal 12	Target 12.8 ：到2030年，確保世界各地的人們獲得永續發展和與自然和諧相處的生活方式的相關信息和意識。
Goal 15	Target 15.9 ：到2020年，將生態系統和生物多樣性價值納入國家和地方規劃、發展進程、減貧策略中。

資料來源：United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://reurl.cc/N0VqNx>

註：SDGs：永續發展目標(Sustainable Development Goals)。

之，互動性是環境教育所必須的要素，當前因應COVID-19疫情而實施的線上ESD課程，首要考量就必須提升其互動性。

所謂互動(interaction)是指至少兩個參與者的互惠過程，在過程中進行意義協商和知識構建(Li et al., 2016)。線上教學必須掌握4種互動類型：(一)學習者與內容或主題之間的互動(learner-content interaction)；(二)學習者與教學者之間的互動(learner-instructor interaction)；(三)學習者與學習者之間的互動(learner-learner interaction)；(四)學習者與科技介面的互動(learner-interface interaction)，實施時要謹慎區分並透過組織課程來確保每種類型的互動都能發揮最大的效果(Hillman et al., 1994; Moore, 1989)。

在COVID-19疫情下實施線上教學時，羅方吟與陳政煥(2021)發現多數學生缺乏自主學習能力的現象；Assaf與Gan (2021)認為因為疫情封鎖而產生了將大自然融入學習的需求，而導入科技能讓學生「間接」體驗與觀察自然，重新幫助學習者與自然的聯繫感；Hebebcı等(2020)發現提供能夠吸引學生注意力的教育材料對於確保線上學習的連續性非常重要。是以，本文擬透過「以生態特寫之影像素材提升學習者與教材內容之互動(learner-content interaction)」的策略，來緩解實施ESD線上課程卻無法進行戶外學習與觀察自然現象的困境。

其次，Hebebcı等(2020)之研究發現線上教學的參與度低、缺乏溝通和聯繫的主因是缺乏互動性；羅方吟與陳政煥(2021)之研究指出教師善用教育科技可以提升學生學習動機和興趣；Korkmaz與Toraman (2020)之研究指出線上教學缺乏關於如何評估學習者知識和技能的知識；Assaf與Gan (2021)之研究發現線上教學缺乏學生對於感受、學習和

理解的直接反饋。為了改善學習者在ESD線上學習的參與度、溝通討論、學習成果與感受的反饋等，本研究擬以「透過學習者與科技介面之互動(learner-interface interaction)提升教師與學習者之互動(learner-instructor interaction)」的策略來加以提升。

在線上學習實施期間的同儕互動方面，Korkmaz與Toraman (2020)研究指出線上教學無法提供技能教學，學生的學習過程中缺乏動機；Le等(2021)研究亦指出線上學習導致學生不感興趣與缺乏動力；羅方吟與陳政煥(2021)研究指出線上課程受限於軟體設計，容易降低課程中同儕討論的機會；Cheng等(2020)之研究指出學生在線上合作學習過程中與夥伴的互動可以促進更多的創意和評論，並促進共識和得出結論，最終有助於小組學習任務的完成。因此，本研究擬以「規劃線上分組合作任務提升學習者與同儕之互動(learner-learner interaction)」策略來增進ESD所需要的技能教學，從中增加學習者的溝通討論並間接提升學習動機。

綜合線上課程的學習困境之討論，研究者擬定以下3項解決策略以提升線上ESD課程之互動性：(一)以生態特寫之影像素材提升「學習者與教材內容之互動」；(二)透過「學習者與科技介面之互動」提升「教師與學習者之互動」；(三)規劃線上分組合作任務提升「學習者與同儕之互動」。

四、ESD課程之學習成效評估

挪威的永續背包計畫(Sustainable Backpack Programme, SBP)支持教師開發方案並促進其對跨領域ESD的整體理解，Munkebye等(2020)採用內容分析(content analysis)方法針對14所挪威學校之SBP進行多案例研究(multi-case study)，結果指出這

些單元專為10～13歲學生設計並統整幾個科目來進行ESD，所有單元都包含自然科學，Munkebye等認為這些單元課程採取整體方法(holistic approach)有助於ESD的學習成效。

Nordén (2018)在瑞典一所高中進行ESD超學科教學的研究，採用半結構式訪談並使用現象學和情境脈絡分析的質性方法，探討9位不同學科教師在全校式教育發展計畫的背景下如何經驗協作教學的變化，結果發現ESD的成效來自於兩種主要的超學科教學方法：一是教師與不同科目教師相互合作並做出貢獻，經歷豐富的學科交流之螺旋過程；另一種是教師表現出對方案的「所有權」並將之再概念化為一個整體，經驗更大的全球—地方現象之相互關聯的觀點。

Olsson等(2016)針對瑞典18所學校的1,000名學生進行施測，以探討ESD學校(ESD-schools)和沒有ESD相關的網絡或組織支持的學校(Reference (REF)-schools)的學生之間在永續意識(Sustainability Consciousness, SC)的差異，結果發現ESD學校對學生的SC比起REF學校存在顯著但微小的差異；然而在九年級的差異卻是相反的結果，亦即九年級學生REF組的SC顯著高於ESD組，Olsson等認為「還有另一種系統性偏差以這種方式影響了結果，因此無法確定任何可以解釋這些結果的因素」(p. 195)。Biasutti與Frate (2017)開發一套永續發展態度量表(attitudes toward sustainable development scale)，針對484位大學生施測以衡量其對永續發展的態度(包括經濟、社會、環境和教育四個面向)，結果發現僅農業系學生在環境面向的表現優於心理學系學生，而心理學系學生在社會面向的表現優於農業系學生，Biasutti與Frate認為「受試者就讀於義大利的同一所大學，群體的屬性特徵存在局限性，而且參與者數量有限而降

低了研究的普遍性」(p. 226)。上述兩篇研究雖採量化統計方法，卻無法解釋研究結果的背後因素。

在臺灣方面，Olsson等(2019)以綠色學校夥伴計畫(Green School Partnership Project in Taiwan, GPPT)的ESD課程對於學生SC的影響程度為研究問題，使用永續意識問卷(sustainability consciousness questionnaire)針對12所GPPT學校(802份樣本)與13所non-GPPT學校(939份樣本)的學生進行施測，結果發現ESD的影響效應並未在 $p < .05$ 的顯著水準之內；Olsson等認為臺灣GPPT的認證系統發展是奠基於與西方文化中ESD認證系統(例如歐洲生態學校系統)相同的特徵，因此「GPPT和non-GPPT比較結果證實了先前的研究(意指無顯著差異)，這一事實並不令人驚訝」(p. 191)。

綜合上述文獻，關於ESD學習成效的評估，有些研究蒐集問卷資料以進行量化統計考驗，有些研究則蒐集質性資料並進行質化方法的分析。因考量COVID-19疫情第三級警戒而無法實體授課，線上教學之實施對象為既有的小班教學課堂(自然情境)，開發與設計之線上課程內涵符合《環境教育法》規範的4小時單元課程，因此本研究在學習成效的評估方面，以質性的資料蒐集和分析方法為主，以量化的統計考驗為輔，針對每一位參與者的學習成效進行微觀分析，期能瞭解此一呼應臺灣NEED理念之蜂類ESD課程實施的成效。

參、研究設計

質性研究的5個特徵是：在自然情境中做研究、蒐集或產生文字資料(而非數字)為主、研究關注的是歷程而非成果或結果、採用歸納法處理資料、注重生活世界裡局內人

眼中的意義而非研究者賦予的意義(張芬芬, 2021; Bogdan & Biklen, 1998)。根據前述特徵, 本研究在自然情境中進行, 在取得全數參與者之同意後蒐集其文字和圖像資料, 資料分析以質性方法為主, 輔以量化分析, 以確認相關學習的成效或是變化情形。整體研究設計分述於下。

一、研究場域

本研究實施場域為臺灣北部某公立大學教育學院「永續發展教育學程」之選修課程「環境教育」, 該學程之主軸統整了環境、社會及文化多樣性等領域, 連結地方到全球之層級, 欲培養學生在這些領域之認知、態度與技能以達到素養學習、創意及批判性思考, 最終透過教育實踐促成永續之目的。本研究授課時間為2021年6月期間, 因COVID-19疫情第三級警戒而透過Google Meet進行線上教學; 教學者具備國小教師24年資歷, 並已取得教育部環境教育教學人員證書。

二、研究參與者

研究參與者為前述課程的修課學生計18位(以下簡稱參與者), 選修前均已修習永續發展相關課程, 男性7位、女性11位, 從大學一年級至四年級分別為12位、2位、3位、1位, 所屬單位為教育學院學士班(永續發展教育學程)計15位、幼兒教育學系計3位。

三、友善蜂類環境線上課程之設計

ESD最常見的障礙之一是缺乏適當的教學案例(Borg et al., 2012), 而《柏林永續發展教育宣言》也呼籲將ESD納入各級教育體系的核心課程(許毅璿、高志璋, 2021), 因此本研究設計之「友善蜂類環境」課程不僅作為環境教育法規每年應實施4小時之課程案

例, 也由於內涵包含課程設計與教材教法兩部分的實作示例, 亦可作為環境教育人員認證研習之線上課程, 並將ESD理念納入高等教育中。

依據Munkebye等(2020)之研究發現——ESD跨領域課程單元可以經由「對物種的瞭解」來「增加對永續發展和保護生物多樣性的承諾」(p. 10)之建議, 選擇蜂類議題為核心, 由自然科學領域開展課程規劃; 另有學者指出, 學生需要根深蒂固且易於使用的知識, 這種「知識能力」能讓學生在未來面對新情況發生並需要採取行動時做出適當的決定(Bowden, 2004; Nordén, 2018), 故本研究之課程內涵涉及CCD現象, 期能瞭解臺灣一旦發生大規模的CCD將會降低糧食生產量, 並衝擊臺灣糧食的供給與分配, 嚴重影響社會福祉。

「友善蜂類環境線上課程」(以下簡稱蜂課程)係根據SDGs中的Target 2.4、4.7、12.8與15.9等進行連結(詳見表1、表2), 選定全球農業所關注的「蜂」議題作為主題, 因為瞭解蜂類的生態才能維護蜂類的棲地, 保護與促進蜂類的永續利用才能減少農藥的使用, 進而逐步實現糧食安全, 促進永續農業; 正如Biasutti與Fratesi (2017)所言, ESD的學習方法必須「揭示全球性問題及其與日常生活的聯繫」, 也強調「學習者為中心」並重視其「參與性」。

研究參與者為教育學院學生, 未來可能擔任高級中等以下學校教師, 因此蜂課程的教學內涵以現行《十二年國民基本教育課程綱要》進行轉化, 教學設計採用Tyler的確認目標、選擇經驗、組織經驗與課程評鑑等4個要素(張子超, 2019; Tyler, 1949)進行規劃, 並遵循Eilam與Trop (2010)所提出之ESD教學架構的組成要素, 例如以蜂類知識的引導探討為「傳統學術學習」, 透過「跨領域

學習」統整地思考蜂類與永續農業的關係，並進行蜂類、棲地、農業生產與經濟發展等關係之「多面向學習」，對於蜂類的深入探究則有助於「情感的學習」，課程內容的編排與教學流程詳見表2。在教材資源方面使用了講義、圖片、影片，在教學方法上使用講述法、閱讀理解、問答法、小組合作學習，以及概念構圖／圖形組織融入教學等。線上學習雖然為COVID-19疫情下的教育帶來可能性，然而仍有其缺點，像是缺乏對內容學習的參與、缺乏與同儕的實體互動，以及缺乏對當地環境的體驗與沉浸感(羅方吟、陳政煥，2021；Assaf & Gan, 2021)，因此本研究之ESD課程設計特別強調線上的「學習互動」，包括教師與學習者之互動、學習者與教材內容之互動、學習者與同儕之互動，以及學習者與科技介面之互動，在線上教學的應用時機詳見表2。蜂課程在教學實施時以70頁之PowerPoint簡報作為授課教材、引導課程進行，共計4小時課程。

四、蜂課程之線上教學策略設計

在COVID-19疫情下實施線上ESD課程應優先提升學習互動以促進學習成效，本研究依據文獻回顧探討結果將學習互動區分為4種類型(如圖1)：(一)教師與學習者之互動；(二)學習者與教材內容之互動；(三)學習者與同儕之互動；(四)學習者與科技介面之互動，融入於線上ESD課程設計中，並擬定3項具體實施策略(詳閱第貳章第三節)。本文圖1、圖2、圖3中，雙向箭頭代表雙向的訊息流動，單向箭頭代表單向的訊息流動，實線代表直接互動，虛線代表間接互動。

(一)實施策略1——以生態特寫之影像素材提升「學習者與教材內容之互動」

1.實施目的：透過設計能夠吸引學生注

意力的教育材料(Hebecci et al., 2020)，以緩解COVID-19疫情下實施線上課程卻無法進行戶外學習與觀察自然現象(Assaf & Gan, 2021)、多數學生缺乏自主學習能力的現象(羅方吟、陳政煥，2021)等困境。

2.工具應用：研究者透過數位相機拍攝生態相片，並以美編軟體PhotoImpact X3進行照片後製；其次使用DV攝影機或智慧型手機拍攝生態影片，並以Power Director 15進行影片剪輯以輸出符合學習目標之短片。最後階段以簡報軟體PowerPoint 2019進行文字、圖片與影片之整合，完成70頁的教學引導簡報檔。礙於篇幅限制，無法在文中提供完整內容。

3.實踐方式：研究者透過Google Meet進行線上教學，以畫面分享方式傳送簡報內容至18位參與者的3C載具，輔以提問方式引導參與者觀察、思考與回應，如圖2。

(二)實施策略2——透過「學習者與科技介面之互動」提升「教師與學習者之互動」

1.實施目的：解決線上環境教育課程缺乏互動與參與度低、缺乏溝通和聯繫問題(Hebecci et al., 2020)、無法對學習進行可靠的評估、缺乏關於如何評估學習者知識和技能的知識(Korkmaz & Toraman, 2020)，以及缺乏學生對於感受、學習和理解的直接反饋(Assaf & Gan, 2021)等困境，並透過教育科技提升學生學習動機和興趣(羅方吟、陳政煥，2021)。

2.工具應用：研究者實施線上課程的科技介面為Google Meet，以畫面分享方式傳送簡報內容至參與者的3C載具；其次，在課程實施的第1階段、第8階段與第11階段(教學流程詳參表2)，參與者必須使用3C載具連結Google Forms填答、上傳與回饋。

3.實踐方式：參與者在課程第1階段、第

表2：蜂課程內涵與教學流程表

No.	主題／時間／SDGs	內容與活動	教材資源	互動類型 ^a
1	實施測驗／5分	【蜂類先備知識測驗】工具。	Google Forms	第1類 第2類 第4類
2	引起動機／15分 ／Target 15.9	透過照片的觀察對群居性的蜜蜂進行溫故知新，經由問題引導分辨西洋蜜蜂與東方蜜蜂的不同。	西洋蜜蜂、東方蜜蜂的照片與影片	第1類 第2類
3	蜂情萬種／30分 ／Target 15.9	3-1.迷思概念的討論，全世界的蜂12萬種以上，稱為蜜蜂(<i>Apis</i> 屬)的只有11種。 3-2.瞭解蜂的定義與蜂的一生。 3-3.透過照片觀察「蜜蜂科」的外觀與特徵。	黃腰虎頭蜂成長的4個階段外觀照片、蜜蜂科照片	第1類 第2類
4	蜂富食物／20分 ／Target 12.8	4-1.經由問題引導瞭解蜜蜂對人類的益處。 4-2.經由影片觀賞、師生討論探索蜜蜂消失的危機與後果。	蜜蜂照片、YouTube 影片	第1類 第2類
5	後援投手／30分 ／Target 2.4	5-1.認識蜜蜂科以外的蜂，包含獨居性與群居性。 5-2.探索獨居性的胡蜂、細腰蜂，瞭解幼蜂食物以昆蟲為主。 5-3.瞭解任何一種蜂都會在採蜜時協助植物授粉。	各種獨居與群居蜂照片，包含成蟲與幼蟲，以及窩巢型態。	第1類 第2類
6	群居狩獵蜂／25分 ／Target 2.4	6-1.探索常見的群居性胡蜂，包括長腳蜂與虎頭蜂。 6-2.經由照片與影片觀察，瞭解群居性胡蜂以獵捕其他昆蟲來飼育其幼蜂，因而協助農夫抑制菜蟲。	各種群居性胡蜂照片及其窩巢型態。	第1類 第2類
7	Bee Friendly／10分 ／Target 2.4	7-1.探討營造友善蜂類環境的方法，例如多樣性蜜源、無毒環境，以及架設獨居蜂旅館等。 7-2.歸納友善蜂類環境帶來的效益。	校園常見蜂類的照片、影片。	第1類 第2類
8	圖形組織任務／35分 ／Target 4.7	2、3人一組選一個題目，線上共作圖形組織圖，完成後透過【圖形組織作品上傳】工具上傳。	範例照片說明	第2類 第3類 第4類
9	永續發展目標／10分	歸納今天所學，回應聯合國永續發展目標。		第1類 第2類
10	教材教法歸納／15分 ／Target 4.7	引導分析今天老師上課的教學設計、使用策略與資源等，作為「環境教育教材教法」之示例。	範例照片、學員作品照片	第1類 第2類 第3類
11	實施測驗／5分	【蜂課程學習成效測驗】工具。	Google Forms	第1類 第4類

註：^a各分類之說明，請參考圖1。

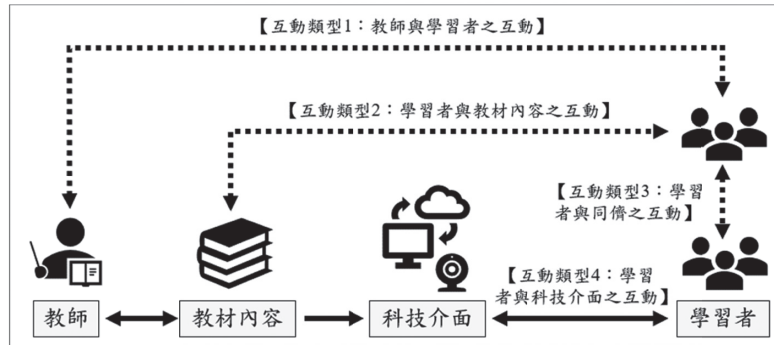


圖1：線上SDGs環境教育課程學習互動類型示意圖

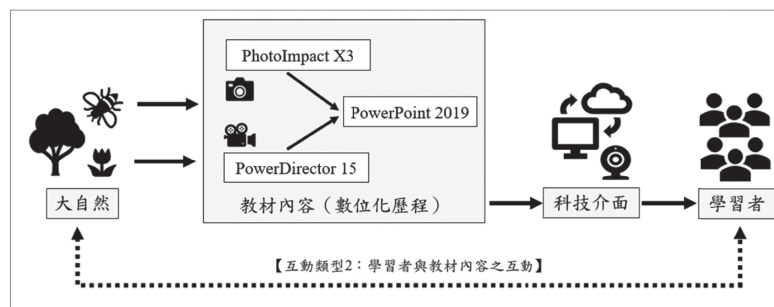


圖2：實施策略1示意圖

11階段分別上傳一張「手繪蜂」的照片，在第8階段上傳小組完成的「圖形組織」照片，這些策略的實施在於增進線上課程實施評量的可靠性，參照圖3。

(三)實施策略3——規劃線上分組合作任務提升「學習者與同儕之互動」

1.實施目的：解決線上環境教育課程缺乏同儕討論的機會(羅方吟、陳政煥, 2021)、無法提供技能教學(Korkmaz & Toraman, 2020)、導致學生不感興趣與缺乏動力(Le et al., 2021)等困境；質言之，提升學習者與同儕間的互動可以促進學習者的學習動機、專業網絡發展(Li et al., 2016)。

2.工具應用：在課程第8階段(表2)將18位參與者分為6組，每組3人，各組透過通訊軟體Line針對其分派之主題進行討論，並將結

論以圖形組織工具(graphic organizer)繪製，完成之後翻拍並透過Google Forms上傳至雲端硬碟作為教學者評量之依據，如圖4所示。

3.實踐方式：每組透過通訊軟體Line針對其分派之SDGs主題進行討論，並選擇適當的圖形組織工具將討論總結繪製出來，藉以提升學習者之間的互動，實施時間為35分鐘。分派之主題與SDGs的Target對應如下：

- (1)蜜蜂與泥壺蜂的相異比較(對應Target 15.9)
- (2)泥壺蜂與虎頭蜂相異比較(對應Target 15.9)
- (3)蜜蜂大量消失的原因(對應Target 2.4)
- (4)蜜蜂大量消失的影響(對應Target 2.4)
- (5)校園中發現蜂窩的處理流程(對應Target 4.7)
- (6)友善蜂類校園的建置流程(對應Target 12.8)

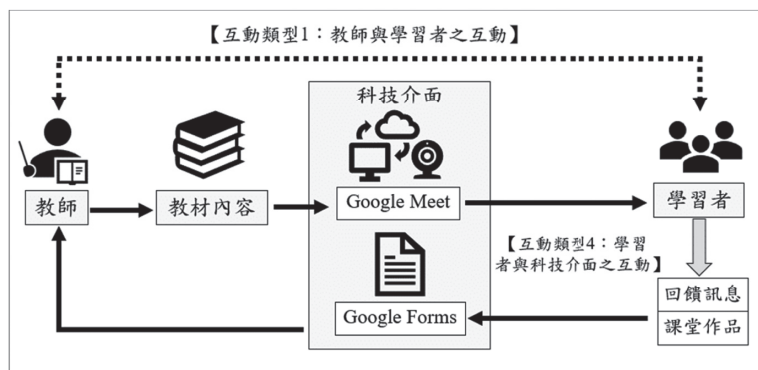


圖3：實施策略2示意圖

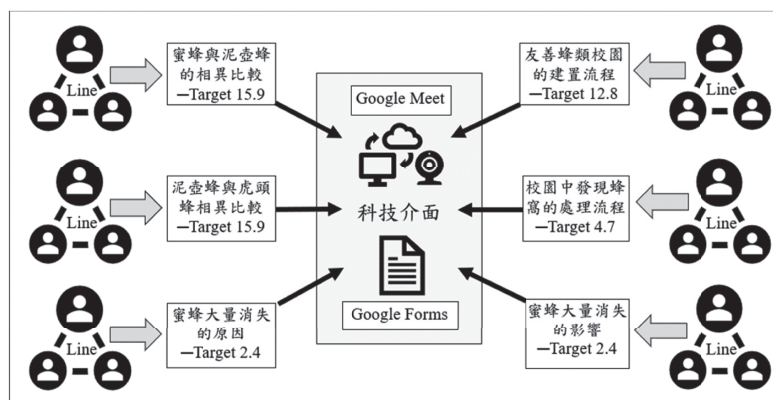


圖4：實施策略3示意圖

五、研究工具

為了透過「學習者與科技介面之互動」來提升「教師與學習者之互動」，本研究採用Google Forms實施研究工具，解決了因為第三級警戒而不適合面對面訪談的困境，也加速資料的蒐集速度，並提升教師掌握學習者起點行為與學習歷程的時效性。研究工具分述如下，由研究者自行設計，並經由兩位專精自然生態與資訊教育的退休國小校長進行效度審查與修正，問項包括李克特5點量表 (Likert scale)、複選題、開放性的問答題，以及需要上傳照片的表單。

(一)蜂類先備知識測驗

本項工具在蜂課程起始階段實施，蒐集參與者的起點行為，例如：面對蜂類時的感覺、辨識蜜蜂和虎頭蜂的能力、既有的蜂類知識背景，以及期待學習到的蜂類知識與繪蜂的能力等，測驗題項6題，第1題問項蒐集「參與者對蜂類的感覺」，採取李克特5點量表設計，由數字1～5分別代表「非常恐懼、恐懼、沒感覺、開心、非常開心」；第2～3題為複選題，透過選取圖片蒐集「參與者辨識蜜蜂與虎頭蜂的能力」資料；第4～5題為開放式問答題，蒐集參與者既有的蜂類知識背景，以及期待學習到的蜂類知識；第6題為

「參與者徒手繪蜂並拍照上傳」，上傳之繪圖作品由教學者依據表3進行評分。

(二)圖形組織作品上傳

本項工具在蜂課程實施的第8階段進行，蒐集小組合作任務所完成的圖形組織作品，如圖4，由教學者進行判讀，並將之與授課內容及蜂類先備知識測驗第4～5題所蒐集的資料交叉比對與討論，以瞭解參與者的學習成效情形。

(三)蜂課程學習成效測驗

本項工具在蜂課程結束階段實施，蒐集參與者的學習收穫資料，例如：參與者在學習後面對蜂類的感覺、覺知蜂類與人類生活的關聯情形，以及對於蜂類印象的改變範圍和繪蜂的能力等，測驗題項4題，第1題問項再次蒐集「參與者對蜂類的感覺」，採取李克特量表設計，由數字1～5分別代表「非常恐懼、恐懼、沒感覺、開心、非常開心」；第2題為開放式問答題，蒐集「參與者在蜂類知識系統的改變情形」；第3題為開放式問答題，蒐集「參與者對蜂類的印象改變範圍」；第4題為「參與者徒手繪蜂並拍照上

傳」，上傳之繪圖作品由教學者依據表3進行評分。

六、資料蒐集與分析

本研究蒐集之資料分為量化與質性兩類資料，由前述之3項研究工具透過Google Forms進行資料蒐集，分別在教學流程中實施(表2)，【蜂類先備知識測驗】工具是在課程實施的第1階段進行5分鐘；【圖形組織作品上傳】工具是在課程實施的第8階段，合作任務的進行、作品翻拍、上傳共計35分鐘；【蜂課程學習成效測驗】工具是在課程實施的第11階段進行5分鐘。

在量化資料方面，【蜂類先備知識測驗】工具第1題與【蜂課程學習成效測驗】工具第1題，皆透過李克特5點量表蒐集並將參與者的感覺數值化，分析時以相依樣本 t 檢定進行前、後測之結果比較，進而瞭解參與者面對蜂類的感覺是否發生改變。其次，【蜂類先備知識測驗】工具第2～3題之複選題，分別蒐集參與者辨別蜜蜂與虎頭蜂的情形，接著採取次數分配與百分比進行敘述統計分析，以瞭解參與者辨識蜜蜂或虎頭蜂的起點

表3：手繪蜂評量分數規準表

評分項目(配分%)	檢核規準	配分
1.軀體外觀(30%)	1-1.軀體沒有分節	10
	1-2.軀體有2節(頭、腹部)	20
	1-3.軀體有3節(頭、胸、腹)	30
2.腳(30%)	2-1.有1對或2對腳	10
	2-2.有3對腳，並非全位於胸部	20
	2-3.有3對腳，而且全位於胸部	30
3.觸角(20%)	3-1.未畫觸角	0
	3-2.有1對觸角	20
4.繪畫細節(20%)	4-1.未畫出其他細節	0
	4-2.軀體有體毛或色斑	10
	4-3.有畫出腳的脛節	10

行為。再者，【蜂類先備知識測驗】工具第6題與【蜂課程學習成效測驗】工具第4題，透過Google Forms蒐集參與者學習前、學習後手繪蜂的作品，雖為質性資料，但教學者將依據表3的規準進行數值化，分析時以相依樣本 t 檢定進行前、後測之結果比較，以瞭解參與者繪製蜂類時的專業知識是否發生改變。上述量化資料之分析過程，亦會納入質性資料之交叉檢證。

在質性資料方面，【蜂類先備知識測驗】工具第4～5題與【蜂課程學習成效測驗】工具第2～3題為開放式問答題，在進行分析前將資料予以3碼之編號，第1碼代表工具代號，pr為【蜂類先備知識測驗】工具，po為【蜂課程學習成效測驗】工具；第2碼代表題項編號；第3碼代表修課名單上第 n 位參與者，例如pr-4-4代表「蜂類先備知識測驗工具-第4題-第4位參與者」之回答，依此類推，分析進行時會依據問題的主軸進行分類，並將同一位參與者之前、後資料對照，以確認其效度。其次是【圖形組織作品上傳】工具，透過Google Forms蒐集各小組完成之圖形組織作品，完成與否將作為評估學習者與同儕間

之互動是否提升學習表現的證據，而互動策略與學習成效評估則由教學者將圖形組織內容與【蜂類先備知識測驗】工具第4～5題、【蜂課程學習成效測驗】工具第2～3題等開放式問答題所蒐集的資料進行比對與討論。

肆、結果與討論

一、蜂類先備知識測驗分析

【蜂類先備知識測驗】工具中的第1題(參與者面對蜂類時的感覺)與第6題(參與者在白紙上畫一隻「蜂」)也會出現在【蜂課程學習成效測驗】工具中，以進行前、後測之比較，本節暫不討論，以下先針對第2～5題進行討論。

(一)辨識蜜蜂與辨識虎頭蜂之分析

在【蜂類先備知識測驗】工具中第2題「請問下列哪些圖片裡的蜂是『蜜蜂』？」如圖5，標準答案是「3.義大利蜂」，測驗結果如表4，所有參與者都勾選第3張，其中4位(22.22%)沒有將其他蜂類誤判為蜜蜂，複選「1.黑尾虎頭蜂」和「4.黃腰虎頭蜂」各有



圖5：【蜂類先備知識測驗】第2題

表4：參與者辨識蜂類作答情形分配表

作答情形	1.黑尾虎頭蜂	2.日本藍泥蜂	3.義大利蜂	4.黃腰虎頭蜂	5.橙頭土蜂	6.虎斑泥壺蜂
第2題						
判定蜜蜂人數	13	1	18	13	5	11
%	72.22	5.56	100.00	72.22	27.78	61.11
第3題						
判定虎頭蜂人數	8	0	2	9	5	5
%	44.44	0.00	11.11	50.00	27.78	27.78

註：N = 18，第2題填答正確者4人；第3題填答正確者3人。

13人(72.22%)，複選「6.虎斑泥壺蜂」有11人(61.11%)。

相同工具第3題「請問下列哪些圖片裡的蜂是『虎頭蜂』？」提供之6張圖片與第2題相同(圖5)，標準答案為「1.黑尾虎頭蜂」和「4.黃腰虎頭蜂」。測驗結果如表4，能正確填答且沒有誤判其他蜂類的參與者有3位(16.67%)，其餘15位都有誤判，勾選「1.黑尾虎頭蜂」者計8位(44.44%)，勾選「4.黃腰虎頭蜂」者計9位(50.00%)。

在課程開始前，多數參與者都能判斷蜜蜂的外觀特徵，但是分辨蜜蜂與虎頭蜂的外觀差異時卻有誤判情形，參與者在課後提到「其實蜂的種類非常多，並不是我們每次自己統稱的蜜蜂而已……」(po-3-14)、「蜂類種類超級多，不一定都長得像蜜蜂」(po-3-16)、「……以前不管看到任何蜂都叫做蜜蜂」(po-3-18)，這些結果與多數人碰到蜂類只說得出「蜜蜂」或「虎頭蜂」的現象吻合；因此，以「蜂類」為核心之環境教育課程有推廣之必要性。

(二)蜂類的先備知識與預期知識之分析

在【蜂類先備知識測驗】工具中第4題「關於蜂，你知道哪些事情？請寫下來。」、第5題「關於蜂，你還想知道哪些事情？或對什麼感到好奇？請寫下來。」結果發現多數參

與者並未提蜜蜂以外的蜂類知識，分析結果具有以下4個特點。

1. 具備蜜蜂的基本知識

參與者普遍瞭解蜜蜂擁有高度複雜化的社會群居行為，包括階級分工、訊息溝通方式、禦敵行為與外觀特徵等知識，例如「一個蜂巢裡面有不同的分工的蜜蜂各自負責自己要做的事情」(pr-4-1)、「具有地位上的差異」(pr-4-2)、「喜歡吸花蜜、會跳8字舞」(pr-4-13)、「六角蜂巢，工蜂都是母的，只有一隻蜂后，分工明確」(pr-4-14)、「屁股有針會扎人，扎完就會死掉」(pr-4-3)、「有些帶有毒性，黃色黑色居多」(pr-4-11)等。

2. 關注蜜蜂與農業的關係

部分參與者認為蜜蜂是許多植物繁殖的關鍵且影響農業的發展，例如「蜜蜂是唯一可生產人類食品的昆蟲」(pr-4-5)、「蜜蜂是很重要的動物，因為植物需要靠著蜂協助繁殖」(pr-4-7)、「蜜蜂族群的銳減可能嚴重衝擊現代農業，因為有許多植物是依靠蜜蜂繁殖」(pr-4-6)。

3. 關注蜜蜂消失議題

多數參與者提到蜜蜂消失的議題，也想瞭解其原因以及挽救此危機的方法，例如「我想知道為什麼蜜蜂的數量在不斷減少」(pr-5-7)、「想知道如何保育蜜蜂的方式」(pr-

5-12)，以及「蜜蜂真的在慢慢消失中嗎？」(pr-5-18)。

4. 冀求與蜂和平相處之道

參與者瞭解蜂類的防禦器官具有威脅性，因而想知道如何防範針螫？像是「哪些不會螫人哪些會？」(pr-5-10)、「針螫完別人之後可以重複使用嗎？」(pr-5-13)、「如何在校園中與牠和平共處？遇到蜜蜂最好的處理方式」(pr-5-14)，提出這些疑問的參與者在碰見蜂類時的感覺都是填答「恐懼」或「非常恐懼」。臺灣一旦發生CCD恐怕會嚴重影響農作物的生產，陳政佑等(2021)研究已指出野生獨居蜂在蜜蜂大量消失時可以作為授粉媒介的備援物種，然而本小節研究分析發現多數參與者僅具備蜜蜂的基本知識，對於蜜蜂消失的原因、人類與蜜蜂和平相處之道以及蜜蜂以外的廣大蜂類知識卻顯得不足；Munkebye等(2020)研究指出「對植物和動物物種的瞭解」是「增加對永續發展和保護生物多樣性承諾的因素」(p. 10)。因此，以SDGs的Target 2.4、Target 4.7、Target 12.8與Target 15.9 (表1)內涵為核心的「友善蜂類環境」課程必須納入教育系統中，因為「蜂類生態系統的維持」與「農業的永續發展」是緊密關聯的。

二、蜂課程學習成效測驗分析

在【蜂課程學習成效測驗】工具中的第1題(參與者面對蜂類時的感覺)和第4題(參與者在白紙上畫一隻「蜂」)與【蜂類先備知識測驗】工具中第1題和第6題為相對應之前、後測資料，而第2題(蜂類對人類生活的重要性)與第3題(對蜂類印象的改變)則是對應【蜂類先備知識測驗】工具中的第4題(蜂類先備知識)和第5題(蜂類預期知識)，進而分析其學習成效如下。

(一)參與者對蜂類感覺的變化

【蜂課程學習成效測驗】第1題與【蜂類先備知識測驗】第1題之問項為「當您在校園撞見(如果再撞見)一隻蜂迎面而來的時候，請問您的感覺會是什麼？」採取李克特5點量表設計，由數字1～5分別代表「非常恐懼、恐懼、沒感覺、開心、非常開心」，分析每位參與者的前、後測結果如表5，課程開始前有14位的感覺是「恐懼」或「非常恐懼」的程度，剩餘的4位表示「沒感覺」，沒有參與者覺得「開心」。課程結束後對蜂類感覺「恐懼」或「非常恐懼」的參與者只剩4位，「沒感覺」的人增加為9位，對於「蜂類」感到「開心」的人數由0增加為5位。

分析每一位參與者對於「蜂類」所抱持感覺的改變情形，研究者依照量表的給分增加或減少來進行敘述統計，結果如表6，沒有

表5：參與者面對蜂類時的感覺分配表

感覺分配	非常恐懼	恐懼	沒感覺	開心	非常開心	合計人數
課前						
人數	4	10	4	0	0	18
%	22.22	55.56	22.22	0.00	0.00	100
課後						
人數	1	3	9	5	0	18
%	5.55	16.67	50.00	27.78	0.00	100

表6：參與者面對蜂類時的感覺改變情形表

感覺改變情形	得分下降	得分不變	提升1分	提升2分	合計人數
人數統計	0	4	10	4	18
%	0.00	22.22	55.56	22.22	100

註：N = 18, F = 11, M = 7。

任何參與者在上課之後對於蜂類的感覺得分是下降的，感覺維持不變的有4位，感覺提升的有14位，其中5位參與者是「開心」的，因為「對生態有很多好處，可以幫忙農夫吃毛毛蟲」(po-2-11)、「……我們需要蜜蜂，但蜜蜂竟然不需要我們」(po-2-7)。其中1位參與者依舊是感到「非常恐怖」，但是她也提到「知道蜂幫助人類的地方很多，但我遇到的時候依舊會害怕」(po-3-3)。研究者再以相依樣本 t 檢定進行比較，結果如表7，得知感覺的後測平均分數顯著高於前測平均分數($t = -6.185$, $p = < .001$)，即參與者面對蜂類的感覺在課程學習前與學習後具有顯著的正向變化，對於蜂類較不覺得恐懼。

(二)參與者的蜂類知識變化

針對【蜂類先備知識測驗】第4題與【蜂課程學習成效測驗】第2、3題蒐集的資料進行分析，發現參與者的蜂類知識已經產生變化，反映在下列4個面向。

1.修正以「蜜蜂」泛稱蜂類的迷思

【蜂類先備知識測驗】第4題的回應都圍繞在「蜜蜂」的知識概念，將「蜜蜂」作為所有蜂類的總稱，參與者在【蜂課程學習成效測驗】第3題的填答已修正這樣的迷思，例如「原來有獨居的蜂，我之前一直認為蜂是一大群集體生活的……」(po-3-1)、「我一直以為只要是蜂都是群居型的、具社會性的，今天上課我學到了很多關於蜂類的知識與牠們族群之間的差異性」(po-3-6)、「其實蜂的種類非常多，並不是我們每次自己統稱的

表7：參與者面對蜂類時的感覺改變分析比較表

感覺改變分析	平均數	N	標準差	t值
課程開始前	2.000	18	.686	-6.185***
課程結束後	3.000	18	.840	

註：*** $p < .001$ 。

蜜蜂而已」(po-3-14)、「……以前不管看到任何蜂都叫做蜜蜂。希望之後看到蜂是說：哇！是XX蜂！」(po-3-18)。

2.補充蜜蜂以外的蜂知識

在【蜂課程學習成效測驗】第3題的填答中反映出參與者原來的蜂類知識有限，在參與課程後已有增加，例如「過去以為蜂類都是群居性的」(po-3-15)、「印象最深的是獨居蜂狩獵能力很強，可以抓非常多毛毛蟲」(po-3-3)、「成蟲很辛苦，在一次繁殖的過程中，少說要來來回回抓60隻毛毛蟲餵食幼蟲」(po-3-11)、「寄生蜂的照片很震撼，捕食毛毛蟲的部分也是」(po-3-17)，以及「知道有很多蔬菜水果都是由蜜蜂授粉，一些品種可幫助農夫移除害蟲」(po-2-17)。

3.建構永續農業之概念

在SDGs 2中Target 2.4 (表1)提到「到2030年，確保永續的糧食生產系統並實施有復原力的農業實踐，以提高生產力和產量，幫助維持生態系統……」，多數參與者在【蜂課程學習成效測驗】第2題的填答中表示他們對於「永續農業」概念的建構更加完整，例如「因為蜂採蜜的過程會無意間幫助到我們人類食物的取得」(po-2-1)、「世界上有1/3的植物需要靠蜜蜂協助繁衍……」(po-

2-7)，蜂類「與我們的農業息息相關，不管是幫我們清除菜蟲，或幫助授粉……」(po-2-18)。人類非常仰賴蜂類，正可以由一位參與者的回應來詮釋：

牠影響的範圍比我們所想像的更多，包含全球會喪失多種植物、糧食亦會產生危機、其他授粉昆蟲亦會消失等，這些連貫性的影響都將對於整個生態系以及人類的活動造成負面的結果。(po-2-12)

4. 描繪正確的蜂類身體外觀

參與者在【蜂類先備知識測驗】第6題和【蜂課程學習成效測驗】第4題分別手繪一隻「蜂」並拍照上傳至雲端硬碟，研究者依據國小自然科學課本對昆蟲的定義「軀體分為頭、胸、腹三部分，擁有三對腳、一對觸角」進行兩幅作品的分析，分析時採用之評量規準如表3；完成兩幅作品之評分後，研究者再將前後兩次蜂繪圖的得分進行相依樣本 t 檢定，結果如表8，後測平均分數顯著高於前測平均分數($t = -3.000$, $p < .01$)，即參與者在課程學習前與課程學習後手繪蜂類的得分有顯著的改變。

透過分析結果可知，第2幅手繪蜂比起第1幅已經明顯勾勒出頭、胸、腹、三對腳、一對觸角等特徵，顯示蜂課程已經改變多數參與者對於蜂類身體構造的認知，接受線上課程之後的手繪圖更加細膩，如圖6。

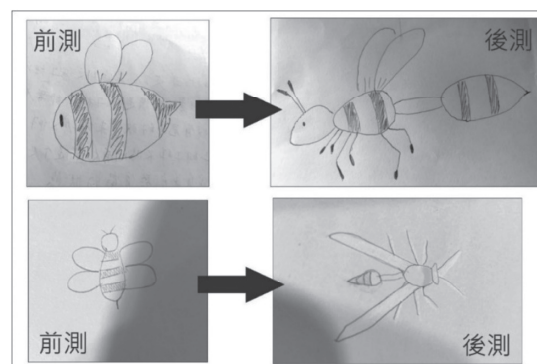


圖6：前後兩次蜂繪圖的比較

綜合上述結果分析，參與者在接受線上課程之後已顯著減少對蜂類的恐懼感；參與者對於蜂類的知識亦產生正向變化，多數參與者修正了「以蜜蜂泛稱所有蜂類」的迷思，認識到「蜜蜂以外」的蜂類多樣性知識，多數參與者也開始建構永續農業之概念，而參與者描繪蜂類身體的外觀比起接受線上課程之前更為細膩，符合Assaf與Gan (2021)的研究結果，亦即導入科技能讓學生「間接」體驗與觀察自然，使學習者與自然之間產生聯繫感。其次，Munkebye等(2020)已提出學生對「動物物種的瞭解」是「增加對永續發展和保護生物多樣性承諾的因素」(p. 10)，本研究之ESD課程增進學生的蜂類「知識能力」，有助於面對可能發生的CCD困境做出適當決定或採取預防行動(Bowden, 2004; Nordén, 2018)。因此，「友善蜂類環境」之線上ESD課程，有助於SDGs中Target 12.8與Target 15.9之達成(表1)。

表8：參與者在課程學習前後兩次手繪蜂的比較分析

手繪蜂的比較分析	平均數	N	標準差	t值
第1次蜂繪圖	59.444	18	21.820	-3.000**
第2次蜂繪圖	74.444	18	20.065	

註：** $p < .01$ 。

三、線上SDGs環境教育課程之學習互動分析

(一)學習者與教材內容之互動分析

在實施策略1的實踐中，研究者透過問題的引導，例如：什麼是蜂？蜂都有螫針嗎？什麼是蜜蜂？蜜蜂消失對人類有何影響？有

後援投手協助授粉嗎？蜂只吃花蜜嗎？有蜂飛進教室怎麼辦？蜂在自然環境的角色為何？在提問的同時提供生態相片和影片讓參與者深入觀察、找尋線索以回答問題，參與者回應「印象深刻的是細腰蜂，因為過去看到蜂類都是直接遠遠躲開，從來沒有這麼近距離的觀察牠們」(po-3-12)、「寄生蜂的照片很震撼，捕食毛毛蟲的部分也是」(po-3-17)、「成蟲很辛苦，在一次繁殖的過程中，少說要來來回回抓60隻毛毛蟲餵食幼蟲」(po-3-11)，這堂課彷彿進行了一場「虛擬」的戶外學習。

Assaf與Gan (2021)之研究發現，導入科技能讓參與者「間接」體驗與觀察自然，幫助學習者重新與自然建立聯繫感，本研究獲得相似之結果，亦即蜂課程讓參與者「間接」體驗與接觸蜂類，經由數位影像科技能夠深入探索蜂類而化解錯誤認知，也因而對蜂類的感覺產生「正向」變化(表7)，有助於SDGs中Target 12.8與Target 15.9 (表1)之達成。綜而言之，以生態特寫之影像素材提升「學習者與教材內容之互動」之策略進行教學，讓參與者透過科技的導入而「間接」連結自然，克服COVID-19疫情第三級警戒期間無法進行戶外學習與觀察自然的困境，實現教育部(2021)倡議之NEED理念，也就是課程內涵接軌SDGs而獲得ESD的學習效益。

(二)教師與學習者之互動分析

研究者透過Google Forms掌握學習者的起點行為，例如「近年來蜜蜂的數量越來越少，想知道如何保育蜜蜂的方式」(pr-5-12)、「蜜蜂真的在慢慢消失中嗎？」(pr-5-18)、「遇到蜜蜂我時常感到害怕，該怎麼應對？」(pr-5-3)、「如何在校園中與牠和平共處？遇到蜜蜂最好的處理方式」(pr-5-14)等，並即時微調課

程內容以適當引導，在【蜂課程學習成效測驗】中參與者回應「因為蜂採蜜的過程會無意間幫助到我們人類食物的取得」(po-2-1)、「世界上有1/3的植物需要靠蜜蜂協助繁衍，而且我們需要蜜蜂，但蜜蜂竟然不需要我們」(po-2-7)，蜂類「與我們的農業息息相關，不管是幫我們清除菜蟲，或幫助授粉，都在無形之中與我們的生活扣合」(po-2-18)，顯示參與者的蜂類知識系統已兼重環境(生態)、經濟與社會三個面向，而且對於蜂類的感覺都發生正向改變(表7)，奠定了實現SDGs所需要的概念(Target 12.8與Target 15.9)。

Moore (1989)認為「學習者與科技介面的互動」範式有助於學習者積極參與其他類型互動的機會，羅方吟與陳政煥(2021)之研究亦指出教師善用教育科技可以提升學生學習動機和興趣，本研究開發之蜂課程的實施亦獲致相似結果，藉由實施策略2讓身處不同地區的學習者能與教材內容互動，進而與教師互動，教學者因此能立即獲得教學反饋並及時調整教學內容。由此推論，本研究擬定之「學習者與科技介面之互動」提升「教師與學習者之互動」策略，有助於達成SDGs之Target 12.8、Target 15.9，促進了ESD課程的實施效果。

(三)學習者與同儕之互動分析

在實施策略3的實踐方面，18位參與者分為6組並分別被指派一項圖形組織的繪製任務，完成的作品經過翻拍並以Google Forms上傳至雲端作為教學者評量的依據；有些小組採取「手繪」方式，有些則使用應用程式進行數位繪製，如圖7。參與者在【蜂類先備知識測驗】中提到「如何在校園中與牠和平共處？遇到蜜蜂最好的處理方式為何？」(pr-5-14)、「我想知道為什麼蜜蜂的數量在不斷減

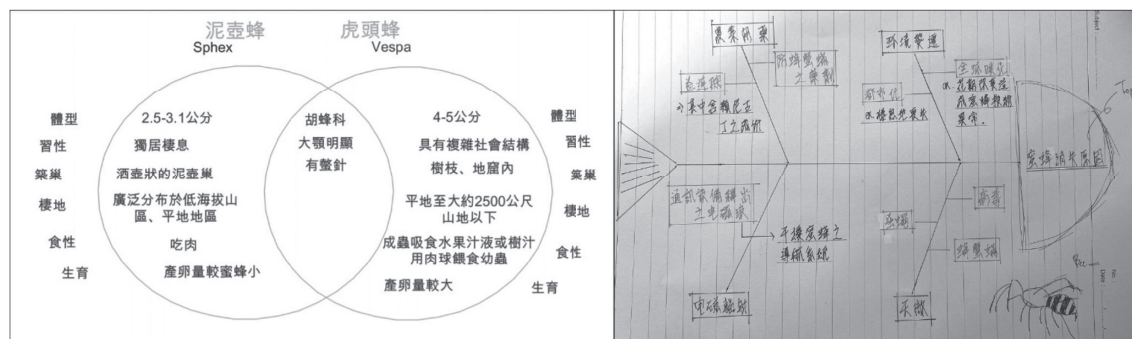


圖7：小組任務作品——文氏圖與魚骨圖

少？」(pr-5-7)等問題，經由教學者的引導討論後再透過策略3之線上分組任務中的同儕互動討論而獲得適切解答，並繪製圖形組織呈現討論結果。

每一組分配到的主題、對應SDGs之Target，以及採用之圖形組織工具類別如下：

1. 蜜蜂與泥壺蜂的相異比較(Target 15.9)——文氏圖(Venn diagram)；2. 泥壺蜂與虎頭蜂相異比較(Target 15.9)——文氏圖；3. 蜜蜂大量消失的原因(Target 2.4)——魚骨圖(fishbone diagram)；4. 蜜蜂大量消失的影響(Target 2.4)——魚骨圖；5. 校園中發現蜂窩的處理流程(Target 4.7)——流程圖(flow chart)；6. 友善蜂類校園的建置流程(Target 12.8)——流程圖。

Nordén (2018)認為ESD的成效來自於兩種主要的超學科教學方法，其一是教師能夠將方案再概念化為一個整體，讓學生經驗更大的「全球一地方」現象之相互關聯的觀點；本研究參與者在實施策略3所完成之圖形組工具作品(圖7)，即是透過「全球一地方」之整體思維所產出的作品。其次，Cheng等(2020)指出學生在線上合作學習過程中與夥伴的互動可以促進更多的創意和評論，並有助於小組學習任務的完成，本研究分析結果與之一致，而且圖形組工具作品的產出也彰顯

了UNESCO (2017)所強調之ESD關鍵素養：系統思考素養與協作素養。易言之，規劃線上分組合作任務不僅提升「學習者與同儕之互動」，同儕互動之任務亦表現出ESD所訴求的關鍵素養。

伍、結論與建議

本研究首要動機在於將涉及SDGs範疇的「蜂」議題作為ESD課程主題，並付諸教學實施與成效評估，第二個動機在於嘗試提出策略以解決COVID-19疫情下實施線上教學卻缺乏互動性的困境以及其成效評估，依據研究問題獲致之結論與建議分述如下。

ESD應該揭示全球性問題及其與日常生活的聯繫(Biasutti & Frate, 2017)，本研究發展之友善蜂類環境課程(詳見表2)嘗試引入全球關注的蜂類議題及其與臺灣在地生活的聯繫，並經由對蜂類的瞭解來增加對永續發展和保護生物多樣性的承諾(Munkebye et al., 2020)，因為參與者在瞭解蜂類生態之後才可能重視並維護其棲地，並覺知永續利用蜂類有助於減少農藥使用並逐步實現糧食安全、促進永續農業。在對應SDGs方面，課程內涵回應Target 2.4、4.7、12.8與15.9等，強調學習者中心並重視參與性，統整了自然科學、

語文、藝術、社會等領域與防災教育議題之核心素養，符合教育部倡議之NEED理念。

在COVID-19疫情下實施線上教學的策略方面，第一項策略是透過生態特寫素材能提升「學習者與教材內容之互動」，本研究促使參與者透過數位影像科技深入探索蜂類而化解錯誤認知，讓學生「間接」與自然發生互動，重新幫助學習者與自然的聯繫感(Assaf & Gan, 2021)，進而促使參與者的蜂類先備知識發生改變，也對蜂類的感覺產生「正向」變化(表6、表7)，這是學習者對永續發展和保護生物多樣性承諾所必要的先備知識和態度。此一結果也呼應Hebebcı等(2020)所建議之提供吸引學生注意力的教材以確保線上學習的連續性。

其二是經由「學習者與科技介面的互動」能提升「教師與學習者之互動」，此策略讓身處不同地區的學習者透過Google Meet與「友善蜂類環境」線上課程之教材互動，提升其學習動機和興趣(羅方吟、陳政煥，2021)；學習者也經由3C載具連結Google Forms填答、上傳與回饋，教學者即時獲得教學反饋並及時調整教學內容，實質促進學習者與教師之互動，解決了過往線上環境教育課程缺乏互動、溝通和聯繫等問題(Hebebcı et al., 2020)。本策略的實施促進學習者獲得促進農業永續發展所需的「知識能力」(Bowden, 2004; Nordén, 2018)，在未來面對可能發生的CCD能做出適當的決定與採取行動。

第三項策略是指派學習者分組並藉通訊軟體Line討論其受派之SDGs主題，再選擇適當的圖形組織工具將討論結果繪製出來，彰顯了UNESCO (2017)所強調之ESD關鍵素

養：系統思考素養與協作素養。研究結果表明此一策略能提升學習者之間的互動，促進更多的創意和評論(Cheng et al., 2020)，解決線上環境教育課程缺乏同儕討論機會(羅方吟、陳政煥，2021)、無法提供技能教學(Korkmaz & Toraman, 2020)等限制。易言之，規劃線上分組合作任務不僅提升「學習者與同儕之互動」，同儕互動之表現任務彰顯出ESD的關鍵素養。

在研究限制方面，本研究進行時正逢COVID-19疫情第三級警戒期間，考量學生健康而未以實體面授(face to face)方式實施「友善蜂類環境」課程，無法比較面授與線上授課的結果異同；其次，參與者均就讀於教育學院，故無法確認非教育學院背景之學生在接受本研究之線上課程後是否能獲得相同效果。因此，建議未來的研究應分析實體面授蜂類議題之ESD課程的學習成效，並比較不同主修專長的學生在接受該課程時是否獲致相同效果；其次是在情意或態度方面的研究，應該增加關心蜂類的面向，或是對蜂類知識的學習興趣等；再者，面對後疫情時代的來臨，針對混成方式實施ESD課程時應當如何提升實體學員與線上學員之間的學習互動，亦是未來研究必須探討的策略。

誌謝

作者由衷感謝主編和審查委員提供之寶貴評論與建議。此外，作者亦感謝參與本研究的大學生，以及協助研究工具審查的專家，由於他們的付出使得這項研究得以順利進行。

參考文獻

- 王重雄、羅竹芳、乃育昕、王智源、陳韻如、黃偉峰、簡慈盈、吳治宇(2009)。蜂群衰竭失調症。《臺灣昆蟲》，29(3)，119-138。https://doi.org/10.6661/TESFE.2009012
- [Wang, C.-H., Lo, C.-F., Nai, Y.-S., Wang, C.-Y., Chen, Y.-R., Huang, W.-F., Chien, T.-Y., & Wu, C.-Y. (2009). Honey bee colony collapse disorder. *Formosan Entomologist*, 29(3), 119-138. https://doi.org/10.6661/TESFE.2009012]
- 吳鈴筑、張子超(2018)。分析臺灣公務人員環境教育之學習時數、內容類型與方法：以100年至105年申報資料為基礎。《環境教育研究》，14(1)，1-37。https://doi.org/10.6555/JEER.14.1.001
- [Wu, L.-C., & Chang, T.-C. (2018). Analysis on learning hours, contents and methods of environmental education for Taiwan's civil servants, 2011-2016. *Journal of Environmental Education Research*, 14(1), 1-37. https://doi.org/10.6555/JEER.14.1.001]
- 張子超(2019)。環境教育議題融入的課程發展：以永續發展為例。《臺灣教育》，717，55-64。
- [Chang, T.-C. (2019). Huanjing jiaoyu yiti rongru de kecheng fazhan: Yi yongxu fazhan wei li. *Taiwan Education Review*, 717, 55-64.]
- 張芬芬(2021)。質性研究法進階探索：換一副透鏡看世界。五南。
- [Chang, F.-F. (2021). *Zhixing yanjiufa jinjie tansuo: Huan yifu toujing kan shijie*. Wu-Nan.]
- 教育部(2021)。教育部推動環境教育30年——航向新世代環境教育發展(Need)。《教育部環教快報》，1，1-3。https://reurl.cc/GAR1WW
- [Ministry of Education. (2021). Jiaoyubu tuidong huanjing jiaoyu 30 nian—Hangxiang xinshidai huanjing jiaoyu fazhan (NEED). *Jiaoyubu Huanjiao Kuaibao*, 1, 1-3. https://reurl.cc/GAR-1WW]
- 陳政佑、吳郁涵、陳泓伯(2021)。獨居蜂公寓設置於清華大學成效初探。《臺灣研蟲誌》，6(1)，1-5。
- [Chen, C.-Y., Wu, Y.-H., & Chen, H.-P. (2021). Preliminary investigation of the efficiency of bee hotels at National Tsing Hua University. *Taiwanese Journal of Entomological Studies*, 6(1), 1-5.]
- 許毅璿、高志璋(2021)。在COVID-19陰霾下找尋未來曙光——教育部擘劃「新世代環境教育發展(Need)」與國際共鳴。《教育部環教快報》，2，5-9。https://reurl.cc/zYj0Rp
- [Hsu, Y.-H., & Gao, C.-C. (2021). Zai COVID-19 yinmai xia zhaoxun weilai shuguang—The Ministry of Education bohua “xinshidai huanjing jiaoyu fazhan (NEED)” yu guoji gongming. *Jiaoyubu Huanjiao Kuaibao*, 2, 5-9. https://reurl.cc/zYj0Rp]
- 羅方吟、陳政煥(2021)。COVID-19疫情下同步與非同步資訊科技輔助的大學遠距英語文教學。《當代教育研究季刊》，29(1)，69-114。https://doi.org/10.6151/CERQ.202103_29(1).0003

- [Lo, F.-y. R., & Chen, C.-H. (2021). Technology-enhanced synchronous and asynchronous college distance English teaching amid COVID-19. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 29(1), 69-114. [https://doi.org/10.6151/CERQ.202103_29\(1\).0003](https://doi.org/10.6151/CERQ.202103_29(1).0003)]
- Assaf, N., & Gan, D. (2021). Environmental education using distance learning during the COVID-19 lockdown in Israel. *Perspectives in Education*, 39(1), 257-276. <https://doi.org/10.18820/2519593X/pie.v39.i1.16>
- Biasutti, M., & Frate, S. (2017). A validity and reliability study of the attitudes toward sustainable development scale. *Environmental Education Research*, 23(2), 214-230. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1146660>
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1998). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods* (3rd ed.). Allyn & Bacon.
- Borg, C., Gericke, N., Höglund, H.-O., & Bergman, E. (2012). The barriers encountered by teachers implementing education for sustainable development: Discipline bound differences and teaching traditions. *Research in Science & Technological Education*, 30(2), 185-207. <https://doi.org/10.1080/02635143.2012.699891>
- Bowden, J. A. (2004). Capabilities-driven curriculum design. In C. Baillie & I. Moore (Eds.), *Effective learning and teaching in engineering* (pp. 36-47). Taylor & Francis.
- Cheng, S.-C., Hwang, G.-J., & Lai, C.-L. (2020). Effects of the group leadership promotion approach on students' higher order thinking awareness and online interactive behavioral patterns in a blended learning environment. *Interactive Learning Environments*, 28(2), 246-263. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636075>
- Dainat, B., vanEngelsdorp, D., & Neumann, P. (2012). Colony collapse disorder in Europe. *Environmental Microbiology Reports*, 4(1), 123-125. <https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2011.00312.x>
- Eilam, E., & Trop, T. (2010). ESD Pedagogy: A guide for the perplexed. *The Journal of Environmental Education*, 42(1), 43-64. <https://doi.org/10.1080/00958961003674665>
- Hebebe, M. T., Bertiz, Y., & Alan, S. (2020). Investigation of views of students and teachers on distance education practices during the Coronavirus (COVID-19) pandemic. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(4), 267-282. <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i4.113>
- Hillman, D. C. A., Willis, D. J., & Gunawardena, C. N. (1994). Learner-interface interaction in distance education: An extension of contemporary models and strategies for practitioners. *American Journal of Distance Education*, 8(2), 30-42. <https://doi.org/10.1080/08923649409526853>
- Korkmaz, G., & Toraman, Ç. (2020). Are we ready for the post-COVID-19 educational practice? An investigation into what educators think as to online learning. *International Journal of*

- Technology in Education and Science*, 4(4), 293-309. <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i4.110>
- Le, D.-L., Giang, T.-V., & Ho, D.-K. (2021). The impact of the COVID-19 pandemic on online learning in higher education: A vietnamese case. *European Journal of Educational Research*, 10(4), 1683-1695. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.4.1683>
- Li, Y., Krasny, M., & Russ, A. (2016). Interactive learning in an urban environmental education online course. *Environmental Education Research*, 22(1), 111-128. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.989961>
- Moore, M. G. (1989). Editorial: Three types of interaction. *American Journal of Distance Education*, 3(2), 1-7. <https://doi.org/10.1080/08923648909526659>
- Munkebye, E., Scheie, E., Gabrielsen, A., Jordet, A., Misund, S., Nergård, T., & Øyehaug, A. B. (2020). Interdisciplinary primary school curriculum units for sustainable development. *Environmental Education Research*, 26(6), 795-811. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1750568>
- Nordén, B. (2018). Transdisciplinary teaching for sustainable development in a whole school project. *Environmental Education Research*, 24(5), 663-677. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1266302>
- Olsson, D., Gericke, N., & Chang Rundgren, S.-N. (2016). The effect of implementation of education for sustainable development in Swedish compulsory schools—Assessing pupils' sustainability consciousness. *Environmental Education Research*, 22(2), 176-202. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1005057>
- Olsson, D., Gericke, N., Boeve-de Pauw, J., Berglund, T., & Chang, T. (2019). Green schools in Taiwan—Effects on student sustainability consciousness. *Global Environmental Change*, 54, 184-194. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.11.011>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Tyler, R. W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. University of Chicago Press.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://reurl.cc/WGID1e>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (1978). *Intergovernmental conference on environmental education*. <https://reurl.cc/eDIYDM>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2006). *Framework for the UNDESD International implementation scheme*. <https://reurl.cc/eDlraM>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://reurl.cc/N0VqNx>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2017). *Education for*

sustainable development goals: Learning objectives. <https://reurl.cc/mD584G>

United Nations Sustainable Development. (1992, June). *Agenda 21*. United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janeiro, Brazil. <https://reurl.cc/p60Gxb>

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

A Study on the Implementation of ESD Course Under the COVID-19 Epidemic: A Case Study of “Online Course of Bee-Friendly Environment”

Ching-Hung Hsu and Tzu-Hua Wang*

Department of Education and Learning Technology, National Tsing Hua University

Abstract

Due to the lack of social and economic considerations in environmental education in school curriculum for a long time, the study took the bee as the theme of ESD course with the ideal of “NEED” advocated by the Ministry of Education, and transformed the SDGs targets such as 2.4, 4.7, 12.8 and 15.9 into it. At the same time, three practical strategies were formulated to improve the dilemma of lack of learning interaction in implementing environmental education courses during the COVID-19 epidemic. The research subjects were 18 students who study environmental education in a public university. There were 3 tools designed to collect data during implementing process through Google Forms. The results indicate that implementing bee course through “Google Meet” with the practical strategies for improving learning interactions could encourage participants to experience and observe nature indirectly, and to change their prior knowledge and stereotypes of bees. Besides, that also made participants concern the global bee issue and the relationships of bees and agriculture. In terms of the ESD learning interaction, the “Learner-Content Interaction” could be improved by the self-developed ecological materials of pictures, and the online cooperation tasks helped to improve the “Learner-Learner Interaction.” In addition, the key competencies of ESD advocated by UNESCO were achieved simultaneously.

Key words: ESD, Bee, NEED, COVID-19, Learning Interaction

* Corresponding author: Tzu-Hua Wang, tzuhuaawang@mx.nthu.edu.tw; ORCID: 0000-0002-4085-9851

Received: 2023/2/1, Revised: 2023/6/13, Accepted: 2023/6/15, Available Online: 2023/10/19