

國立臺灣師範大學資訊教育研究所
碩士論文

指導教授：陳明溥 博士

遊戲式探索學習模式與學習型態
對國小生外來種生物概念學習之影響

研究生：邱寶萱 撰

中華民國一百零三年一月

遊戲式探索學習模式與學習型態對國小生外來種生物概念學習之影響

摘要

本研究旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合 5E 遊戲學習活動(3D 遊戲、2D 遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者外來種生物概念的學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。研究對象為國小高年級學習者，有效樣本為 174 人，教學實驗活動為期四週，共計 160 分鐘。研究設計採因子設計之準實驗研究，自變項包括探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態，「探索學習模式」依據學習者的學習任務解決順序分為循序式探索和自主式探索；「5E 遊戲學習活動」依據數位遊戲的聲光效果和感官刺激之互動差異，分為 3D 遊戲和 2D 遊戲；「學習型態」依據學習者學習者在進行資訊處理時，其認知處理、思考反應與問題解決之個別差異，分為嘗試型學習型態和反思型學習型態。依變項則包含「外來種生物概念學習成效」、「外來種生物概念行為意向」與「自然與生活科技領域與科技學習態度」。

研究結果依外來種生物概念學習成效、行為意向與自然與生活科技領域與科技學習態度三個面向，綜合歸納如下：(1)3D 遊戲之 5E 遊戲學習活動比 2D 遊戲較能提升國小高年級學習者外來種生物概念知識理解成效表現，而不同探索學習模式與學習型態則不影響外來種生物概念知識理解與知識應用成效表現；(2)循序式探索之探索學習模式比自主式探索較能增進國小高年級學習者外來種生物概念宣導行為意向，而不同學習型態的學習者進行 5E 遊戲學習活動後對外來種生物概念皆抱持正向的生態管理行為意向、宣導行為意向和防治行為意向；(3)對於不同學習型態的國小高年級學習者而言，透過整合不同探索學習模式之 5E 遊戲學習活動進行學習皆抱持正向的自然與生活科技領域與科技學習態度；特別是循序式探索、3D 遊戲與嘗試型學習型態之學習態度表現較佳。

關鍵詞：外來種生物概念、遊戲式數位學習、探索學習模式、學習型態

The Effects of Type of Game-based Inquiry Learning and Learning Style on Elementary Students' Learning of Alien Species

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of type of game-based inquiry learning and learning style on elementary students' learning of alien species. A quasi-experimental research design was employed in the study and the participants in this study were 174 sixth-graders. The independent variables of this research were inquiry-based learning, 5E-based learning game and learning style, the inquiry-based learning included sequential inquiry and self-regulatory inquiry, the 5E-based learning game included 3D game and 2D game, and the learning style included trial-error-feedback and reflective. The dependent variables were learning performance, behavioral intention toward alien species, and technology attitudes.

The results revealed that (a) 3D game facilitated learners' learning performance better than 2D game, (b) sequential inquiry enhanced learners' behavioral intentions of advocacy better than self-regulatory inquiry; 5E-based learning game had positive impacts on learners' behavioral intentions of ecosystem management, advocacy and prevention, and (c) regardless of the learning style, inquiry-based learning and 5E-based learning game had positive impacts on learners' technology attitudes; especially sequential inquiry, 3D game, and trial-error-feedback.

Keywords: alien species, digital game-based learning, inquiry-based learning, learning style

誌謝

終於，能緩緩地寫下心中的感謝。回想起推甄時對自己的期許，雖不算完美順利，但也是一步一腳印走到碩士生涯的盡頭了；高興的是，原來我能有不同的可能，也發現了我人生中必須突破的關卡。如果當初沒有加入CSL這個大家庭，我可能也不會有這麼多豐富的經歷與難以忘懷的回憶。

感謝指導教授陳明溥老師，您認真地教學讓我增長知識，您細心地指導幫我找到方向，您耐心地解惑使我建立信心，您提供機會給我成長及表現，「感謝老師，您辛苦了」。感謝口試委員游光昭教授與朱蕙君教授特地撥空細心的審閱論文，並不吝給予寶貴的建議與指導，使我的論文更臻於完善。感謝實驗學校、佳燕學姐、怡帆、劉老師、邱老師、林老師、吳老師的鼎力相助，讓教學實驗順利完成。

感謝CSL大家庭中敬愛的你們，感謝麗君學姐、佳燕學姐、勻佐學姐不厭其煩地為我指點迷津；感謝皓伶學姐、韻婷學姐、靖怡學姐、登智學長在還是新鮮人時給予指導及照顧。感謝CSL大家庭中親愛的怡帆、裕芬、欣堃、京翰及承俞，感謝你們用心的對待、全力的支持、適時的鼓勵，還有帶來數不清的歡笑，有你們真的很美好。感謝CSL大家庭中可愛的燕欣、映汝、湘儀、偵益及承哲，感謝你們強力的支援助和付出，十分感謝。感謝資教所的所有老師及同學，讓我相信碩士生涯是值得的。

感謝我最愛的家人，無悔的付出只為讓我擁有幸福的人生，你們的認同及肯定一直是我向前邁進的動力，這個階段的結束雖然不一定能有多大的改變，但卻代表我回報你們栽培的決心。感謝近七年來一直陪伴在我身邊的你，訴不完的苦水、洩不完的情緒，你卻一一的傾聽及包容，因為有你，我才能安心地向前邁進，謝謝。

— 謹以此書獻給幫助我成長的人 —

Joby

目錄

附表目錄.....	vi
附圖目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的與待答問題.....	5
第三節 研究範圍與限制.....	7
第四節 重要名詞釋義.....	9
第二章 文獻探討.....	13
第一節 外來種生物概念學習.....	13
第二節 遊戲式數位學習.....	22
第三節 5E 學習環與探索學習模式.....	27
第四節 學習型態.....	35
第三章 研究方法.....	41
第一節 研究對象.....	41
第二節 研究設計.....	43
第三節 數位教材設計.....	48
第四節 研究工具.....	63
第五節 資料分析.....	68
第四章 結果與討論.....	73
第一節 外來種生物概念學習成效分析.....	73
第二節 外來種生物概念行為意向分析.....	78
第三節 自然與生活科技領域與科技學習態度分析.....	84
第五章 結論與建議.....	95
第一節 結論.....	95
第二節 建議.....	99
參考文獻.....	103

附錄一	學習型態量表.....	115
附錄二	外來種生物概念先備知識測驗.....	116
附錄三	外來種生物概念認知測驗專家意見統整.....	119
附錄四	外來種生物概念行為意向量表內容.....	125
附錄五	外來種生物概念學習成效測驗.....	127
附錄六	自然與生活科技領域與科技學習態度量表.....	130

附表目錄

表 2-1 探索學習模式之層次比較	30
表 2-2 學習型態之定義整合表	36
表 2-3 Coffield 等人之學習型態分類表	37
表 2-4 More 學習型態之認知處理心理活動歷程分析表	38
表 2-5 近期學習型態運用於遊戲式數位學習之實徵研究	40
表 3-1 教學實驗之分組與各組人數分配表	42
表 3-2 5E 遊戲學習活動內容規劃表	50
表 3-3 3D 遊戲教材之遊戲規則說明	54
表 3-4 2D 遊戲教材之遊戲規則說明	59
表 3-5 3D 遊戲教材與 2D 遊戲教材之異同比較	62
表 3-6 學習型態量表之量表內容向度、題數分配及內部一致性係數	63
表 3-7 外來種生物概念先備知識測驗之測驗內容向度、題數分配及內部一致性係數	64
表 3-8 外來種生物概念行為意向量表之量表內容向度、題數分配及內部一致性係數	65
表 3-9 外來種生物概念學習成效測驗之測驗內容向度、題數分配及內部一致性係數	65
表 3-10 自然與生活科技領域與科技學習態度量表之量表內容向度、題數分配及內部一致性係數	67
表 4-1 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念學習成效之調整後平均數、標準差與人數	74
表 4-2 外來種生物概念學習成效之共變量矩陣等式的 Box 檢定	75
表 4-3 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念知識理解與知識應用學習成效之多變量共變數分析摘要	76
表 4-4 外來種生物概念學習成效分析結果摘要	77

表 4-5 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念行為意向之調整後平均數、標準差與人數.....	79
表 4-6 外來種生物概念行為意向之共變量矩陣等式的 Box 檢定.....	80
表 4-7 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念生態管理行為、宣導行為與防治行為意向之多變量共變數分析摘要.....	81
表 4-8 外來種生物概念行為意向分析結果摘要.....	83
表 4-9 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對自然學習信心和自然學習行為投入之調整後平均數、標準差與人數.....	85
表 4-10 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對自然學習情感投入、科技使用信心和科技使用學習動機之調整後平均數、標準差與人數.....	86
表 4-11 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度之調整後平均數、標準差與人數.....	87
表 4-12 自然與生活科技領域與科技學習態度之共變量矩陣等式的 Box 檢定...	89
表 4-13 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對自然學習信心、自然學習行為投入與自然學習情感投入之多變量共變數分析摘要.....	89
表 4-14 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度與科技使用學習滿意度之多變量共變數分析摘要.....	90
表 4-15 探索學習模式與學習型態對自然學習情感投入之單純主效果變異數分析摘要.....	91
表 4-16 自然與生活科技領域與科技學習態度分析結果摘要.....	94

附圖目錄

圖 3-1 探索學習模式整合 5E 遊戲學習活動與學習型態之研究設計架構圖	43
圖 3-2 教學實驗暨 5E 遊戲學習活動流程圖	46
圖 3-3 學習者進行「貓島歷險記」5E 遊戲學習活動	47
圖 3-4 外來種生物概念知識架構圖	49
圖 3-5 5E 遊戲學習活動架構	51
圖 3-6 星海爭霸 II 地圖編輯器之場景設計介面圖	53
圖 3-7 星海爭霸 II 地圖編輯器之觸發器介面圖	53
圖 3-8 投入：學習者透過接受任務，進而有效投入扮演遊戲角色	55
圖 3-9 探索：學習者透過與 NPC 對話及觀察故事情節發展等方式尋找解決任務的方法	56
圖 3-10 解釋：學習者透過選擇回覆 NPC 的內容來幫助自己解釋習得的知識	56
圖 3-11 精緻化：選擇所欲回覆的內容後，學習者會獲得回饋或提示使其進行反思	57
圖 3-12 評量：總結性學習任務以情境題及各種行為反應選項之得分評量學習者對於完成外來種生物概念學習活動後對外來種生物的行為意向	57
圖 3-13 Adobe Flash professional CS5 軟體之畫面設計介面圖	58
圖 3-14 Adobe Flash professional CS5 軟體之動作設計介面圖	58
圖 3-15 投入：學習者接受人物請求協助，進而有效投入故事角色	60
圖 3-16 探索：學習者藉由探索居民的對話歸納問題的答案	60
圖 3-17 解釋：學習者透過選擇適宜的答案來幫助自己解釋所習得的知識	61
圖 3-18 精緻化：選擇答案後，遊戲會給予回饋或提示協助學習者重新探究或進行反思	61
圖 3-19 評量：總結性學習任務以情境題及各種行為反應選項之得分評量學習者對於完成外來種生物概念學習活動後對外來種生物的行為意向	62
圖 3-20 外來種生物概念學習成效分析流程圖	68
圖 3-21 外來種生物概念學習成效分析流程圖	70

圖 3-22 外來種生物概念學習成效分析流程圖.....71

圖 4-1 探索學習模式與學習型態對自然學習情感投入之交互作用分析圖.....91

第一章 緒論

本章分別就本研究之研究背景與動機、研究目的與待答問題、研究範圍與限制以及重要名詞釋義四個部分進行詳述。

第一節 研究背景與動機

人類為因應時空的快速變遷，逐漸以陸、海、空的便利交通克服環境空間隔閡，而全球貿易和通訊的蓬勃發展打破原有的天然屏障，使世界各地區能直接進行聯繫，有助於動物群和植物群的混合(ISSG, 2003)。正因如此，各式各樣的外來種生物(alien species)正藉由許多管道流動，如：人為引進、原生棲地改變等原因，導致外來種生物以驚人速度在世界各地蔓延(黃德昌，2005)。外來種生物不但使許多區域的原生種生物(native species)遭遇競爭和捕食的威脅，更引發物種競爭排擠及生態環境改變所帶來的衝擊(Pimentel et al., 2000)。國際自然資源保育聯盟(The International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)更於2000年公布「避免外來入侵種導致生物多樣性喪失的指導方針」(Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species) (IUCN, 2000)，依據全球外來入侵種生物方案(Global Invasive Species Program, GISP)估算，外來入侵種生物造成的環境和社會經濟損失，每年剛高達全球經濟的5%，亦即1.4兆美金(趙榮台，2006)，由此可見外來種生物衍生的相關問題已受國際重視並造成極大的經濟影響。此外，臺灣的島嶼生態體系脆弱，島上的生物因長期與其他地區隔離，生物獨立演化而缺乏侵略性，遇到外來入侵種生物亦遭其淘汰(陳建志，2009)。

有鑑於外來入侵種生物對固有環境所造成的生態迫害日益嚴重，故對於外來種生物議題應當進行教育宣導，讓民眾建立愛護環境的正確觀念(Mills, Leach, Secor, & Carlton, 1993)。我國教育部為充實中小學學童環境永續相關的知識，建立人與環境互動的正確價值觀，以及全球性環境議題時具備解決環境問題的認知與技能，將環境教育列為國民中小學九年一貫課程綱要之重大議題之一(教育部，2008)。透過認識外來種生物能讓學習者學習擁有正向的態度、正確的行為並積極實踐(盧秀琴，2008)。然而，近年研究指出，國小學習者對外來種生物認知表現

不甚理想，多數學習者亦對外來種生物相關議題產生迷思概念及錯誤態度(李佳蓮，2005；蔡輝毅，2004；魏郁芬，2007)。以學習者角度來看，國小教科書中雖有提及外來種生物相關議題，但是講述性課程的教學方式不夠活潑有趣，較難引起學習者的興趣(盧秀琴、彭文萱，2007)；在知識傳遞方面，對於生物多樣性的學習活動而言，傳統的講授方式僅能讓學習者們接受訊息但不能得到最好的吸收(Guzman Rodriguez, 2007)。因此，為改善學習活動的知識傳遞過程，提升學習者的學習動機與認知表現，教師需有效設計與規劃符合學習者的學習活動。

遊戲式數位學習可使學習者透過沉浸在數位遊戲環境中而達到特定的學習目標(Garris, Ahlers, & Diskell, 2002)，並將學習內容嵌入數位遊戲，幫助學習者保留知識並應用在真實世界(Kiili, 2005)。Garris等人(2002)亦發現學習活動融入遊戲特性能提升學習者的學習動機，引起學習者注意並維持長時間的專注。此外，數位遊戲應用在學習活動中，不僅可藉由其吸引力與優勢協助學習者喚起舊經驗(Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008)，更能幫助學習者投入學習活動中(Rastegarpour & Marashi, 2012)。遊戲故事情節嵌入學習情境不僅能豐富視覺化的學習環境，更能輔助學習者將科學概念遷移至長期記憶，並增進科學學習的態度(Demircioglu, Demircioglu, & Calik, 2009)。美國科學家聯合會亦建議，可在教學實務中採取包括教育性遊戲相關的科技優勢(Federation of American Scientists, 2006, p. 46)。然而，要同時找出數位遊戲和學習的內部平衡是非常不容易的事，如果沒有引導和教學策略，要透過商業遊戲進行遊戲式數位學習很難達到教育的目的(Kim, Park, & Baek, 2009)。

5E學習環的投入(Engagement)、探索(Exploration)、解釋(Explanation)、精緻化(Elaboration)和評量(Evaluation)五個步驟可以幫助學習者在活動中激發先備知識並克服迷思概念，不僅能有效增進習得知識，學習者亦具有解釋和辯論自我想法的機會(Liu, Peng, Wu, & Lin, 2009)。此外，研究指出5E學習環對科學學習之概念保留、態度改善、問題解決能力表現上有正面影響(Abraham, 1997)。因此，本研究依循5E學習環的策略建構，營造出探索式學習的數位遊戲學習環境，藉由以學習任務為主體、5E學習環為架構進行遊戲式數位學習，讓學習者透過扮演遊戲

角色接受任務，探索解決任務的方法，解釋過程中獲取的知識，並依據回饋或提示進行反思，所有學習任務完成後進行總結性評量。

雖然在數位遊戲學習環境中探索能使學習更富趣味性，並獲得學習經驗(Charles & Mcalister, 2004)。但是，探索並非漫無目的，應讓學習者主動發現問題、解決問題，並提供學習資源、給予提示和鼓勵，以提升學習者在探索過程中的吸收程度與理解力；當探索被視為一種學習方式時，著重學習者認知建構的過程，並希望能引發學習者的興趣、增進主動學習的態度(Justice, Rice, Roy, Hudspith, & Jenkins, 2009)。非探索式學習取向以學科為中心，並涵蓋眾多教材；而探索式學習取向則以學習者為中心，強調學習者的認知成長(洪振方，2003)。從學習者的角度來看，教材涵蓋愈多，學習者的學習保留愈少；教材涵蓋愈少，學習者的學習保留則愈多(Chiappetta, Koballa, & Collette, 1998)。相較於接受傳統講述式教學的國小中、高年級學習者，接受探索式學習的學習者之科學態度、科學知識和過程技能學習表現較佳(Wideen, 1975)。此外，對探索式學習而言，數位遊戲所提供的視覺化學習環境極具影響力(Edelson, Gordin, & Pea, 1997)，其真實環境模擬、故事情節敘述、學習任務挑戰與即時回饋呈現等特性(Lucey-Roper, 2006)，更能有效增強學習者在探索學習歷程中主動參與及解決問題的能力。因此，當遊戲式數位學習變成互動學習的新潮流時，亦凸顯探索式學習的重要性(Pivec & Dziabenko, 2004)。其中，探索學習模式是指學習者定義及研究問題的過程，包含了形成問題、構思假設、設計解決方法、模式化等，被視為是培養科學過程技能的有效方法(Windschitl, 2003)。因此，遊戲式探索學習模式可能有助於提升國小高年級學習者的自然與生活科技領域的學習成效與學習態度。

另外，學習者在學習的過程中，影響其學習的因素很多，包括人格特質、學習動機、學習環境和教師教學方法等因素(Fielding, 2000)，其中，學習型態被視為影響學習的因素之一。學習型態意指學習者進行學習活動時，經由其知覺、記憶、思維等心理歷程，所表現出帶有認知、情意、生理等三種性質的習慣性特徵(張春興，1985)。Pintrich和Johnson (1990)認為鑑別學習者的學習型態之目的在於幫助教師瞭解學習者進行資訊處理時，其認知處理及思考反應之差異。因此，若

教師營造及設計出符合學習者之學習型態的學習環境與學習活動，除了可維持或提升學習動機外，亦能有效增進學習成效(楊坤堂，1996)。

綜合上述，本研究以5E學習環為架構設計遊戲式數位學習，並融入探索學習模式於外來種生物概念學習中，探討不同探索學習模式、5E遊戲學習活動與學習型態對國小生外來種生物概念的學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響，期許學習者能透過遊戲情境體驗逼真的故事情節，將學習內容與真實情境連結，進而有效地學習生態保育的認知及行為，並應用於真實世界。

第二節 研究目的與待答問題

本研究旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者外來種生物概念的學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響，期望藉由教學實驗活動驗證探究式學習與5E遊戲學習活動實施於外來種生物概念學習的可行性，並促進學習者外來種生物概念的學習成效與行為意向、提升自然與生活科技領域與科技學習態度，希冀本研究結果能夠提供未來遊戲學習與課程發展研究之參考。本研究之研究目的與待答問題分述如下：

壹、研究目的

本研究之主要目的如下：

- 一、探討不同探索學習模式、5E遊戲學習活動及學習型態對國小高年級學習者外來種生物概念的學習成效之影響。
- 二、探討不同探索學習模式、5E遊戲學習活動及學習型態對國小高年級學習者外來種生物概念的行為意向之影響。
- 三、探討不同探索學習模式、5E遊戲學習活動及學習型態對國小高年級學習者外來種生物概念的自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。

貳、待答問題

針對上述研究目的，提出下列待答問題：

- 一、在進行外來種生物概念學習課程時，循序式探索學習模式、3D遊戲版之5E遊戲學習活動與嘗試型學習型態對國小高年級學習者之學習成效影響是否優於自主式探索學習模式、2D遊戲版之5E遊戲學習活動與反思型學習型態？
- 二、在進行外來種生物概念學習課程時，循序式探索學習模式、3D遊戲版之5E遊戲學習活動與嘗試型學習型態對國小高年級學習者之行為意向影響是否優於自主式探索學習模式、2D遊戲版之5E遊戲學習活動與反思型學習型態？

三、在進行外來種生物概念學習課程時，循序式探索學習模式、3D遊戲版之5E遊戲學習活動與嘗試型學習型態對國小高年級學習者之自然與生活科技領域與科技學習態度影響是否優於自主式探索學習模式、2D遊戲版之5E遊戲學習活動與反思型學習型態？

第三節 研究範圍與限制

本研究為配合教學活動之設計與進行，在研究對象、教學內容、學習方式、教學時間與環境，以及教學評量有以下之研究範圍與限制：

壹、研究對象

本研究之研究對象為國小高年級學習者，自國小三年級開始學習資訊教育課程，因此具備電腦及網路操作等資訊基本技能；並於一年級至五年級期間學習過植物、動物及其生態活動等相關知識，因此具備生物與環境等基本概念。此外，參與樣本之所屬學校依據國民教育法之規定進行常態編班，各班性別人數比例相同，具有代表性並符合常態分配之基本假設；其次，參與樣本所屬學校之地理區域處於新北市，並非市中心之學校，亦不是郊區或文化不利之學校。

貳、教學內容

本研究的教學內容依據國民中小學九年一貫自然與生活科技學習領域課程綱要及環境教育議題，編製外來種生物概念學習活動，教學內容範疇包括「外來種生物的定義」、「外來種生物產生的原因」、「外來種生物造成的影響」、「外來入侵種生物的防治與抑制」等四個主要概念。因考量學習者的學習時間與學習程度，本研究之教學重點在於讓學習者具備外來種生物概念的基本認知與正確的行為和態度，至於常見的外來種生物介紹等則不做深入的探究與討論。

參、學習方式

本研究以探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)進行教學實驗，讓學習者於解決任務的過程中學習外來種生物概念。有鑒於本研究之教學實驗活動提供學習者主動探究的數位遊戲環境，以及任務型態的學習情境，與傳統講述式教學之以教師為主、教科書為輔較不一致。

肆、教學時間與環境

本研究為配合原本班級的課程進度和教學時間，實驗時間共四週，一週一節課，一節課40分鐘，共160分鐘。扣除外來種生物概念先備知識測驗、學習型態量表、總結性學習任務-外來種生物概念行為意向量表、外來種生物概念學習成效測驗、自然與生活科技領域與科技學習態度量表等施測時間，以及遊戲基本操作練習時間，學習者進行5E遊戲學習活動總共歷時120分鐘。由於教學實驗活動實施期間配合校內各項活動及原班級課程之安排進行，使參與者在不同實驗組別，仍有相同的學習時間，且教學實驗活動地點亦配合原班級電腦課使用之電腦教室，教室提供每位學習者一人一台電腦、教師授課使用的電腦、麥克風及廣播系統。

伍、教學評量

本研究主要使用紙筆測驗卷、自評量表和總結式任務三種教學評量方法。紙筆測驗卷包含「外來種生物概念先備知識測驗」與「外來種生物概念學習成效測驗」，兩個測驗皆為研究者自行編制並經專家檢視修訂而成，題目為單選題及簡答題。自評量表採用李克式五點量表，包含「學習型態量表」與「自然與生活科技領域與科技學習態度量表」，兩個測驗皆為研究者改編而成，並透過網路表單收集資料。總結式任務應用於「外來種生物概念行為意向量表」，藉由遊戲畫面呈現問題、選項和結果反應，讓學習者選擇最符合自己行為意向的選項後，從結果反應理解其選擇結果之好壞。

第四節 重要名詞釋義

本研究之重要名詞，分述如下：

壹、5E 遊戲學習活動

遊戲式數位學習是指整合學習內容和遊戲特性的教育性數位遊戲，學習者可透過沉浸在數位遊戲環境中而達到特定的學習目標(Garris et al., 2002)，藉由將學習內容融入數位遊戲，幫助學習者保留知識並應用在真實世界(Kiili,2005)。本研究之遊戲式數位學習是以5E學習環為架構並整合探索學習模式，強調讓學習者根據投入、探究、解釋、精緻化和評量五個階段進行5E遊戲學習活動，首先透過接受任務使其有效投入扮演遊戲角色，其次藉由探究的方式尋求解決任務的方法，接著以形成性評量解釋習得的知識，最後依據所獲得的回饋或提示進行反思，所有學習任務完成後進行總結性評量，且為瞭解數位遊戲之感官刺激與互動性的高低對學習者學習成效和學習態度之影響，將數位遊戲分為「3D遊戲」與「2D遊戲」。

「3D遊戲」是指以商業遊戲「星海爭霸II (StarCraft II)」之地圖編輯器建置的外來種生物概念遊戲，利用地圖編輯器內建之立體場景、物件、聲光特效與互動性觸發條件等優勢，將學習內容包裝為學習任務進行學習活動；「2D遊戲」則是指以Adobe Flash Professional CS5製作的外來種生物概念遊戲，學習內容同樣被包裝成學習任務，但不同的是，2D遊戲以2D畫面為主，並刪除動畫、特效及音效等較多的感官刺激元素。

貳、探索學習模式

探索學習模式是指學習者定義及研究問題的過程，包含了形成問題、構思假設、設計解決方法、模式化等，被視為是培養科學過程技能的有效方法(Windschitl, 2003)，旨在運用結構化的推論方法訓練學習者，並鼓勵學習者主動學習，使其瞭解解題所需的定理與規則，並依據所發現的資料加以規劃以解決相關的問題(Looi, 1998)，進而促進學習者的學習表現、提升學習的深度和品質(Justice et al., 2009)。因此，依據學習內容的開放程度，將學習活動區分為四種不同的探究層次。本研

究的探索學習模式根據探索學習程序的提供與否進行分組，將學習者的學習任務解決順序分為「循序式探索」和「自主式探索」。「循序式探索」是指在進行5E遊戲學習活動時，學習者按照順序解決學習任務；「自主式探索」則是指在進行5E遊戲學習活動時，學習者自訂順序解決學習任務。

參、嘗試型與反思型學習型態

學習型態是指在認知、情意和生理的特質之下，可用來作為學習者對學習環境加以觀察、互動及反應的穩定指標(Keefe, 1982)。本研究之「嘗試型(Trial-Error-Feedback)與反思型(Reflective)學習型態」係指學習者在進行資訊處理時，其認知處理、思考反應與問題解決之個別差異。嘗試型與反思型學習型態改編自More (1993)之學習型態量表，將學習型態分為「嘗試型學習型態」和「反思型學習型態」兩個向度。「嘗試型學習型態」是指學習者在進行學習活動時，偏好快速反應，並期望在學習歷程中獲得回饋(王麗君, 2005)；「反思型學習型態」則是指學習者在解決學習活動中遇到問題時，先仔細思考整體性後才回應，亦較少依賴外部回饋(王麗君, 2005)。學習型態量表中的嘗試型學習型態向度總分減反思型學習型態向度總分之得分遞減排序，其得分位於所有學習者的前40%，列為「嘗試型學習型態組」；得分位於所有學習者的後40%，列為「反思型學習型態組」。

肆、外來種生物概念學習成效

外來種生物概念學習成效是指學習者對外來種生物概念之學習理解與應用。本研究之「外來種生物概念學習成效」係指學習者在進行5E遊戲學習活動後，學習者在外來種生物概念的學習成效。外來種生物概念學習成效測驗參考黃靜儀(2008)之國小五年級學童外來種生物知識量表，並將其加以彙編修改而成。本量表測驗向度依據認知能力層次分為「知識理解」和「知識應用」兩個向度。「知識理解」是指學習者能記憶及解釋外來種生物概念的理解能力；「知識應用」是指學習者能將外來種生物概念應用於不同問題情境中的認知能力。外來種生物概念學習成效測驗中的兩個向度之得分越高者代表該學習者在外來種生物概念的

學習表現愈好，反之，得分越低者代表該學習者在外來種生物概念的學習表現愈差。

伍、外來種生物概念行為意向

行為意向是一個人主觀判斷其未來可能採取行動的傾向(Folkes, 1988)。本研究之「外來種生物概念行為意向」係指學習者在進行5E遊戲學習活動後，學習者在面對有關外來種生物的相關問題時，未來可能採取行動之傾向。外來種生物概念行為意向量表改編自黃靜儀(2008)之國小五年級學童對外來種生物的行為意向量表，將外來種生物概念行為意向分為「生態管理行為意向」、「宣導行為意向」和「防治行為意向」三個向度。「生態管理行為意向」是指能主動收集外來種生物相關資料，以及瞭解校園和生活環境中的外來種生物問題的行為意向；「宣導行為意向」是指能勸告他人或宣導外來種生物會破壞生態平衡的行為意向；「防治行為意向」是指能以實際行為拒絕和避免外來種入侵生物的行為意向。外來種生物概念行為意向量表中的各個向度之平均分數越高者代表該向度之行為意向愈正確且積極，反之，平均分數越低則表示該向度之行為意向愈消極，甚至錯誤。

陸、自然與生活科技領域與科技學習態度

自然與生活科技領域與科技學習態度是指學習者對於學習自然與生活科技領域課程，以及利用資訊科技產品學習自然課程的看法與感受。本研究之「自然與生活科技領域與科技學習態度」係指學習者在進行5E遊戲學習活動後，對於學習自然與生活科技領域課程，以及利用遊戲式數位學習方式進行外來種生物概念課程的看法與感受。自然與生活科技領域與科技學習態度量表引用自Pierce、Stacey與Barkatsas (2007)之數學與科技態度量表(MTAS)與阮惠嵐(2008)之數位遊戲學習態度量表，並將其加以彙編修改而成。本量表主要分為「自然學習信心」、「自然學習行為投入」、「自然學習情感投入」、「科技使用信心」、「科技使用學習動機」、「科技使用學習幫助度」與「科技使用學習滿意度」七個向度。「自然學習信心」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於自然與生活科技領域課程的學習信心程度；「自然學習行為投入」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，

對於自然與生活科技領域課程的行為投入程度；「自然學習情感投入」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於自然與生活科技領域課程的情感投入程度；「科技使用信心」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用資訊科技產品的信心程度；「科技使用學習動機」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用遊戲式數位學習方式進行外來種生物概念課程的學習興趣與學習意願；「科技使用學習幫助度」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用遊戲式數位學習方式進行外來種生物概念課程的幫助程度；「科技使用學習滿意度」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用遊戲式數位學習方式進行外來種生物概念課程的滿意程度。自然與生活科技領域與科技學習態度量表中的各個向度之平均分數越高者代表該向度之態度與感受愈正向，反之，平均分數越低則表示該向度之態度與感受愈負向。

第二章 文獻探討

本研究旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者外來種生物概念的學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。本章首先剖析外來種生物概念學習之內涵以及教學現況與困境，再探討遊戲式數位學習的意義及其對自然與生活科技領域與科技學習態度之影響，並探討不同探索學習模式與學習型態對學習者的學習成效及學習態度之影響。以下分別就「外來種生物概念學習」、「遊戲式數位學習」、「5E學習環與探索學習模式」及「學習型態」相關文獻進行統整與歸納，期能瞭解不同學習型態學習者的學習特性，進行適切的學習活動規劃，以增進學習者的外來種生物概念學習表現。

第一節 外來種生物概念學習

隨著人類文明的發展，便利的交通運輸及繁榮的貿易經濟亦打破生物間原有的界線，許多物種因此進入到超越自身能力所能到達的新環境。然而，一旦外來種生物適應新環境，將會與原生種生物產生競爭或掠食等影響，進而破壞原生態之平衡。因此，教導學習者正確的外來種生物概念，以及培養正確的生態保育行為和態度是當今所需研究之重要議題。以下針對外來種生物概念學習之內涵及外來種生物教學現況與困境進行歸納和探討。

壹、外來種生物概念學習之內涵

國民中小學九年一貫自然與生活科技學習領域課程綱要為培養學習者愛護環境、珍惜資源、尊重生命的知能與態度，以及熱愛本土生態環境與科技的情操，將人類與自然界的關係列為課程主題之一(教育部，2008)。其中，外來種生物概念學習為目前各國所關心的重要議題，因此，不同版本之自然與生活科技學習領域教科書皆將其列為教材內容之一，以下分別就外來種生物之定義、成因、影響及防治進行探究。

一、外來種生物之定義

生物受限於自身的生理機制與移動能力，以及氣候和地理障礙，因而有一定的分布區域；此外，有些生物偶然經由風、海流等自然能力跨越地理障礙遷移到新區域的移動方式，使得生物間緩慢且穩定的演化出彼此適應的機制(魏郁芬，2007)。然而，現今外來種生物(alien species)的出現，多半非生物本身造成的問題，而是人類行為導致其遷移甚至入侵其他生態環境(IUCN, 2000)。突然遷移到新環境的生物，通常會因為適應不良而死亡，但經過繁殖及適應後而倖存的生物，將可能變得具有侵略性(ISSG, 2003)。

根據國際自然及自然資源保育聯盟於2000年公布的「避免外來入侵種導致生物多樣性喪失的指導方針」之定義，外來種生物係指一物種、亞種乃至於更低分類群，並包含該物種可能存活與繁殖的任何一部分，出現於自然分布疆界及可擴散範圍之外，且該分類群可能存活並繁殖子嗣；外來入侵種生物(alien invasive species)係指已於自然或半自然生態環境中建立一種穩定族群，並可能進而威脅原生生物多樣性者(IUCN, 2000)。我國行政院農業委員會編印之「資源保育常用詞彙」定義外來種生物是見於一地區非本地種之生物，或是由外地引進而來之生物(行政院農業委員會，1992)。

另外，國政研究報告中指出，外來種生物係指相對於本地種生物，對某一區域或特定生態系統而言，不是該區域或生態系統本地的任何物種(包括種子、卵、孢子或其他可以使該物種繁殖的物質)；而外來入侵種生物是指由於其引入已經或可能使經濟或環境受到損害，或危及人類健康的外來種生物。故外來種生物不一定會變成入侵種(黃德昌，2005)。而數百年來為了滿足人類糧食和其他經濟社會活動的需求，許多生物經由貿易、運輸、觀光等活動或非法走私行為，被有意無意地攜離原分佈區，進入新的棲地或生態系，這些物種稱為外來種生物。多數的外來種生物因為環境或氣候的差異而無法存活，但部分適應能力較好的外來種生物，在環境條件的配合下大量繁殖，反而成為危害生態環境及原生種生物的外來入侵種生物(黃基森，2005)。

大多數的外來種生物常因水土不服而死亡，但是適應能力強的存活物種加上外在環境的配合，外來種就大量繁殖，並造成危害而變為入侵種。變為入侵種的

外來生物常具有下列條件：強勢的散布能力、較強的繁殖力和環境適應力與原產地相似的棲息環境、在入侵環境缺乏天敵和競爭對手、流行的寵物或適當的飼料生物(陳建志, 2009)。統整上述定義得知，凡經由人為傳播、引入等方式，出現在不同生態環境者，即稱為「外來種生物」，其中，會造成經濟損失、生態破壞或有害人類健康者即稱為「外來入侵種生物」，因此，並非所有的外來種生物都將成為「外來入侵種生物」。

二、外來種生物之成因

全球大多數國家都仰賴外來的動植物以滿足人民的飲食需求(趙榮台, 1998)，然而，外來種生物的引進亦成為影響全球生物多樣性的主要原因之一，甚至造成許多原生種生物的滅亡(Hunter, 1996; Stiling, 2002)，並對當地生態系造成嚴重衝擊(Rhymer & Simberloff, 1996)。外來種生物之引進可區分為非蓄意引入及蓄意引入(顏仁德, 2000)，非蓄意引入係指生物因人類活動而不自覺跨越天然地理屏障；蓄意引入意指生物因人類刻意引入而從原生環境遷移到新環境中，其可能之成因整理自黃靜儀(2008)、鄭家宏(2004)、陳韻如(2003)和顏仁德(2000)，分述如下：

(一) 非蓄意引入：

1. 隨船運或車輛等交通工具引入：許多外來種生物在無意中附著於交通工具或貨物上，因運輸而擴散至世界各地。
2. 附著在動、植物傳入：除出國旅遊攜回的外來種生物外，較小的昆蟲或是卵、蛹常夾藏於植物體、土壤中，蜥蜴、蛇、青蛙則藏匿於原木空隙中，木材裡也可能帶有各種害蟲，而意外被引入。
3. 籠中逸出：人為飼養之動物在飼養過程中因逃逸至野外，於自然環境中適應生存，並繁衍子嗣。
4. 原來棲地的改變：因人為活動，如：大量砍伐森林、移除地理屏障等，而造成物種可擴散至原先無法分布的區域，使基因混淆的問題。

(二) 蓄意引入

1. 貿易進口：因經濟需求而透過貿易活動引進的外來種生物。
2. 娛樂與觀賞用：為滿足民眾漁獵、娛樂或觀賞用所引進的外來種生物，包括寵物、觀賞花卉植物等，如巴西龜、大陸畫眉等生物。
3. 農業活動引入：為了農業、林業等農業活動需求，人類有計畫大規模飼養動物或栽培植物，以作為人類食物來源，或因藥用、牧草飼料及綠肥等用途所引進之外來種生物。
4. 放生、棄養：因放生或棄養寵物，使得外來種生物進入野外，當這些生物適應環境並順利繁衍下來，常會對原生態系產生很大的食物與活動空間的壓力。
5. 偷渡引入：因個人私利之需求經非法管道引進外來種生物，在未經檢疫的情況下，可能會無意間引進外來入侵種生物，導致嚴重的影響。
6. 生物防治：藉由天敵生物引進，以寄生或捕食的方式控制另一種生物的數量，進而減少噴灑農藥。
7. 科學研究：因科學研究所需，引進飼養或栽植於實驗室之生物，逃脫或不慎逸出後而入侵當地生態環境，如有些學校以牛蛙的蝌蚪作為實驗室材料，實驗過後將其隨意棄置或放生，造成牛蛙搶奪臺灣蛙類生存的空間。

綜合上述成因可知，外來種生物的出現，主要原因為人為活動，包括全球化的貿易、農業活動引入，以及不慎逸出或刻意地放生、棄養等方式，提供了外來種生物入侵的機會。

三、外來種生物之影響

人類活動與全球化貿易是引進入侵種最主要的原因，然而，外來入侵種生物一旦在生態系中立足，便難以驅除(趙榮台，1998)，尤其是外來入侵種生物所產生的生物污染(biological pollutant)，嚴重破壞了生物多樣性(Wallner, 1996)。外來種生物所帶來的衝擊和影響可分為經濟部分與生態部分，其對生態的影響往往無法清楚估算損失，但是影響的層面卻極廣泛，且需耗費大量人力與金錢，亦間接

造成經濟損失 (湯奇霖、劉湘瑤, 2006)。以下統整Callaway、Thelen、Rodriguez及Holben (2004)、陳建志(2009)、陳韻如(2003)、鄭家宏(2003)和顏仁德(2000)對外來種生物造成的影響之探討，將其分為對人類的影響與對生態環境的影響兩部分進行說明：

(一) 對人類的影響：

1. 經濟損失：外來種生物的入侵也為人類的經濟帶來莫大的影響，如Pimentel等人(2001)曾估計美國每年因外來生物而付出的代價(含括實質破壞、控制費用、人體健康影響及其他相關事實)高達1230 億美金。此外，我國商人於民國68年間由南美洲阿根廷非法進口的福壽螺，因市場銷售不佳而被飼主隨意丟棄，由於其旺盛的繁殖力及雜食性，迄已造成對全國水生植物的危害，每年損失達1.3億元，並成為今日許多農民揮之不去的夢魘(黃德昌, 2005)。
2. 疾病或傷害：依據美國南卡羅來納州於1998年所做的調查，當年約有33000人因被入侵紅火蟻叮咬而需要就醫，其中有15%的人會產生局部嚴重的過敏反應，2%的人會產生嚴重過敏反應而造成過敏性休克，此外，當年有2件受入侵紅火蟻叮咬而死亡之案例(國家紅火蟻防治中心, 2012)。

(二) 對生態環境的影響

1. 掠食：有些外來種生物引入後會掠食原生種生物，這些具有掠食性的物種因為它們的特性或食性而影響到原生物種的生存，導致原生物種之族群受到影響，嚴重時會導致族群滅絕甚至生態系改變。
2. 競爭與排擠：外來種生物若習性與原生種生物相近，就會競爭食物與棲地等資源，影響原生種生物的生態區域或造成原生種生物滅絕。
3. 疾病或害蟲傳染：人類因從事各種活動而破壞了生物棲地造成原本的控制機制失衡，或是引入外來種生物，而將外來種生物身上的致病原一同散播，造成原生物種被疾病、寄生蟲或害蟲感染生病，甚至死亡，且還有可能爆發傳染病的大流行。

4. 生態系統改變：自然環境條件下，一個生態系統通常處於相對穩定的狀態，系統內各成員間維持著動態平衡關係。然而外來種傳入後，在適宜條件下，隨著族群數量擴大，原有的穩定狀態受到干擾，生態平衡就遭到破壞。

有鑑於外來種生物可能造成的經濟影響及生態破壞，世界各國已逐漸重視並積極處理外來種生物問題；然而，如何預防外來種生物造成損害，以及如何對外來種生物進行適當的管制以達到生態永續之理想，正是世界各國努力的目標。

四、外來種生物之防治

「預防勝於治療」是面對外來種生物轉變為外來入侵種生物最有效的方法，與其花費大量的金錢與人力處理外來入侵種生物造成的傷害，更應積極控制和評估外來種生物的引進及管理。國際自然及自然資源保育聯盟於2000年公布的「避免外來入侵種導致生物多樣性喪失的指導方針」，訂定防治外來種生物入侵的七個目標：

- (1)增進外來種生物對原生種生物多樣性影響之認知；
- (2)發行防治外來種生物之簡介；
- (3)減少違法或不經意引進之外來種生物；
- (4)全面性評估生物多樣性之影響；
- (5)實施防制與抑制外來種生物之計畫；
- (6)立法管制外來種生物之引進，並加強國際合作計畫；
- (7)發展外來種生物知識庫(IUCN, 2000)。

因此，建立控制入境機制、建置診斷與監測系統與教育宣導與研究缺一不可(金恒鑣，2006)，以下依據顏仁德(2004)與黃基森(2005)對外來種生物管理之看法進行說明：

(一) 建立控制入境機制

避免外來種生物不當引入為處理外來種生物問題之首要措施，因此需要針對各種蓄意、非蓄意引入管道建立偵測機制，包括：建立全球資訊系統、通報系統與緊急應變網。

(二) 建置診斷與監測系統

對於計畫性與非計畫性引進外來種生物進行環境影響評估與系統性管理，包括建立外來入侵種的監測系統，使能爭取第一時間做必要之處理。

(三) 教育宣導與研究

台灣民眾對自然保育觀念已有進步，但外來種生物相關概念仍較為缺乏。因此，奠基於正確知識與資訊並廣泛宣導與教育，將是國內處理外來種生物問題的重要環節。

全球化貿易導致外來種生物經由不同途徑侵入的可能急遽增加，為維護台灣的自然環境，外來種生物防治工作刻不容緩，除政府推動各項管理機制外，亦應加強宣導讓民眾瞭解外來入侵種生物對國家經濟及生態所帶來之衝擊。因此，外來種生物之防治是全民皆須具備的認知與態度，應從小培養我國學童生態保育和環境維護的精神。

貳、外來種生物概念教學現況與困境

外來種生物所造成的負面影響是目前全球所面臨的困境，也是各國政府亟需解決的危機。因此，聯合國、國際自然與自然資源保育聯盟，以及世界各國皆提出對外來種生物的管理原則或防治計畫，其中，加強外來種知識教育與提升公眾意識更是重點規劃之一(IUCN, 2000; CBD, 2003; NISC, 2005)。我國教育部亦將環境教育列為國民中小學九年一貫課程綱要之重大議題之一，希望教學者能透過各種教學活動引發學生對環境覺知與敏感度，能充實學生環境永續相關的知識，能讓學生對人與環境的互動有正確的價值觀，並在面對地區或全球性環境議題時，

能具備改善或解決環境問題的認知與技能，以建立學習者的環境行動經驗，使之成為一具有環境素養之公民(教育部，2008)。

學校環境教育是最基本且影響層面最廣的一種教育方式(劉清水，2000)，亦是強化生物多樣性大眾意識的重鎮，尤其以中、小學特別重要，因為中、小學是感性、認知和觀念形成的階段(趙榮台，2006)。多數教師亦同意外來種生物概念在國小階段是重要的環境議題(湯奇霖，2007)。在防治外來種生物入侵的努力上，政府每年需要斥資上億元的經費，反觀我國國小教育自民國九十年起開始實施九年一貫課程，並將環境教育列為六大重要議題之一，因此，如果在外來入侵種生物的防治工作上，學校教育單位能負擔起進行外來種生物的防治宣導的責任和義務，相信更能達到事半功倍之效(湯奇霖、劉湘瑤，2006)。

然而，近年探討外國小學習者對外來種生物概念的研究指出，國小學習者對外來種生物認知表現不甚理想，其中，以外來種生物之成因的認知表現最差(魏郁芬，2007)。此外，多數國小學習者對外來種生物相關議題產生迷思概念，李佳蓮(2005)之研究顯示，有44%的高年級學習者認為外來種昆蟲的進入會使當地物種有更多數量。蔡輝毅(2004)的研究指出，多數國小五年級學習者不認為購買動物來放生可能會破壞當地的生態平衡，亦不瞭解為了美化環境所引進的觀賞植物會對本土生態造成危害，更不願意放棄購買進口動物當寵物。由上述可知，目前國小學習者嚴重缺乏外來種生物概念之正確認知與態度。

雖然國小教科書中的自然與生活科技領域和社會領域等皆有提及外來種生物相關議題，包含外來種生物的引進、國內常見的外來入侵種生物介紹及防治方式等，但由於講述性課程不夠生動有力，較難引起學習者的興趣(盧秀琴、彭文萱，2007)，進而影響其外來種生物概念的學習成效與學習態度之表現。因此，可能會造成學習者在面對外來種生物問題時，仍以自身喜好作為考量，無法瞭解其抉擇與判斷會對生態環境與國家經濟造成極大的損害。

因此，如何培養學習者從小就具備外來種生物的認知、態度與防治觀念，並體會外來種生物對環境的影響，從而養成由本身做起的習慣，應是外來種生物概念課程的重要課題，然而，這也牽涉到教師課堂活動及教材選擇之學習活動設計規劃。Garris等人(2002)發現學習活動融入遊戲的特性，能提升學習者的學習動機，

引發學習者的注意力在學習內容上，並能維持長時間的持續專注。Wideen (1975) 則指出接受探究式學習的國小中、高年級學習者之科學態度、科學知識和過程技能學習表現上顯著高於接受傳統講述式教學的學習者。針對以上所提之外來種生物概念學習內涵和教學現況與困境等要點，本研究運用探索學習模式整合遊戲式數位學習，期能提升學習者學習外來種生物概念之學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度。

第二節 遊戲式數位學習

遊戲式數位學習可幫助學習者主動學習、提升專注力，以及提供嘗試錯誤的學習機會；此外，完善的遊戲式數位學習，除了潛在的學習與娛樂外，更能促進同儕間的互動。簡言之，遊戲式數位學習已超越傳統的講述式教學，成為一種嶄新及有意義的學習模式(Rastegarpour, & Marashi, 2012)。以下針對遊戲式數位學習之範疇及遊戲式數位學習對自然與生活科技領域與科技學習態度之影響進行歸納和探討。

壹、遊戲式數位學習之範疇

遊戲式數位學習意指藉由學習者對數位遊戲的內在動機，引發學習者學習遊戲中的學習內容與目標(Prensky, 2001)。Garris等人(2002)亦認為遊戲式數位學習是整合學習內容和遊戲特性的教育性遊戲，學習者可透過沉浸在遊戲中而達到特定的學習目標。故遊戲式數位學習目的旨在將學習內容融入數位遊戲中，以幫助學習者將習得知識保留並應用在真實世界(Gunter, Kenny, & Vick, 2008; Kiili, 2005)。對學習者而言，相較於傳統的講述式教學方式，遊戲式數位學習提供的學習環境，除了富有趣味性之外，更能讓人沉浸在其中，亦有較佳的學習效益(Gee, 2003; Malone, 1981; Prensky, 2001)。因此，遊戲式數位學習即是結合遊戲與學習，以學習內涵為主軸整合數位遊戲之特性，創造具有娛樂性及挑戰性的學習情境，使學習者於遊玩歷程中習得知識概念，進而應用於真實世界。為瞭解遊戲式數位學習之教育意涵，以下分別就遊戲式數位學習之設計原則與遊戲式數位學習對學習的影響進行探究。

一、遊戲式數位學習之設計原則

數位遊戲的教育潛力來自學習者喜好沉浸於虛擬的世界中，並透過操作和探究遊戲而激發知識的建構；許多研究也證明數位遊戲應用在教育的可能性，藉由最新科技的輔助，進而提升遊戲式數位學習的發展(Susaeta, Jimenez, Nussbaum, Gajardo, Andreu, & Villalta, 2010)。Malone (1981)認為遊戲式數位學習對學習者極

具吸引力與參與感，原因在於數位遊戲提供奇幻性、趣味性與好奇心等元素，讓學習者沉浸在虛擬世界中。Wang 和 Wang (2008)則表示，為維持學習者的學習動機必須增加數位遊戲的娛樂性，以及提供符合學習者能力的挑戰任務。Robertson 和 Howells (2008)亦指出數位遊戲除了外層感官刺激的包裝外，其中的挑戰與競爭機制更是引發學習者動機的關鍵因素。Prenksy (2003)亦針對數位遊戲歸納出以下特性：(1)娛樂性；(2)遊戲性；(3)規則性；(4)目標性；(5)互動性；(6)適性化；(7)結果與回饋；(8)勝利感；(9)衝突競爭性與挑戰性；(10)問題解決；(11)社會互動性；以及(12)圖像與情節性。因此，能否有效提升學習者的學習表現取決於如何整合數位遊戲之特性(Rastegarpour & Marashi, 2012)，以設計出符合學習者需求之遊戲式數位學習活動。

Ang、Avni和Zaphiris (2008)表示遊戲式數位學習是指透過遊戲來學習，而不是學習怎麼玩遊戲，因此就遊戲規則、玩遊戲和遊戲敘述三部分來解釋遊戲式數位學習：(1)遊戲規則是數位遊戲的主要架構；(2)玩遊戲則包含藉由規則與遊戲互動、玩家與遊戲間的關係、挑戰、解決方法和遊戲情節與玩家情感的聯結(Egenfeldt-Nielsen, Smith, & Tosca, 2008)；以及(3)遊戲敘述是指創造一個結構型式來描述虛構或非虛構的事件；在遊戲敘述中，會包含故事設定、角色和行動。而Dickey (2005)認為數位遊戲策略有助於設計出具吸引力的學習活動，進而提出整合數位遊戲以支持學習活動的策略，包括敘事設計、觀點設計，以及互動設計，並具體提出遊戲式數位學習之要點與策略，包含：(1)具體目標；(2)挑戰任務；(3)明確標準；(4)嘗試錯誤機會；(5)肯定表現機制；(6)合作性；(7)新奇性與多樣性；(8)選擇性；以及(9)真實性。Wu、Chiou、Kao、Hu和Huang (2012)則指出遊戲式數位學習應包含的六項原則：

- (1)數位遊戲環境應有效整合學習內涵；
- (2)數位遊戲環境必須包含學習者與數位遊戲間的互動；
- (3)遊戲式數位學習應作為促進學習的方法；
- (4)遊戲式數位學習應提升學習者的學習動機；
- (5)遊戲式數位學習必須富有趣味性；以及
- (6)遊戲式數位學習必須提供由嘗試錯誤中學習的機會。

二、遊戲式數位學習對學習的影響

數位遊戲是現今流行於兒童和青少年間的一項休閒活動，吸引許多人投入大量時間沉浸其中(Mumtaz, 2001; Nippold, Duthie, & Larson, 2005)，Tien與Fu(2008)研究指出，70%的參與者在使用電腦時會玩遊戲，顯示數位遊戲在兒童與青少年的日常生活中極為重要。此外，數位遊戲已逐漸被應用在現代社會的各領域之中(Gee, 2003)。因此，若能借助數位遊戲對學習者的吸引力，有效整合學習活動於數位遊戲中，則能引發學習者對遊戲式數位學習之學習動機，進而促進其學習成效與學習態度。如同Rastegarpour與Marashi (2012)所言，數位遊戲應用在學習活動中，可幫助學習者更投入學習活動中。而Boot等人(2008)亦認同數位遊戲的吸引力和優勢可協助學習者喚起已習得的學習內容與舊經驗。

Hogle (1996)提出數位遊戲對於學習有以下優點：(1)引發內在動機及提升高學習興趣：學習者對數位遊戲的好奇心、期待感、控制感、互動程度，以及故事情節的幻想性等特性，皆能增進學習者的學習興趣和內在動機。此外，學習者亦會為獲得成就感，而在面臨困難挑戰時，願意不斷嘗試；(2)保留記憶：相較於傳統的講述式教學，數位遊戲的虛擬環境與故事背景能有效幫助學習內容記憶保留；(3)提供練習及回饋：數位遊戲提供練習的機會，讓學習者可反覆操作，並獲得即時回饋，使其進行自我評估，以提升學習成效並促進學習目標的達成；以及(4)協助進行高層次思考：數位遊戲之設計可對應了人類的認知結構。將學習內容融入數位遊戲中，使學習者於遊戲歷程中透過解決問題、做決策等方式整合所習得的知識，進而歸納出解決方法；將學習內容不斷的重複進入學習者記憶中是最好的學習形式。

然而，許多教師認為遊戲式數位學習非常浪費時間，因此無法成功實現課程的學習目標，而使學習者無法充足準備期末評量(Rastegarpour & Marashi, 2012)。此外，若是遊戲式數位學習未能有效整合外在學習活動至學習歷程中，學習者則易被數位遊戲吸引而高度投入，導致反思認知上的分心(Conati, 2002)。Garris等人(2002)認為反思是遊戲式數位學習中的重要關鍵，學習者不應沉浸於遊玩過程中

而無暇分心思考。因此，如何設計遊戲式數位學習，促使學習者有效進行學習活動仍是尚待探討的問題(Sedig, 2008)。

貳、遊戲式數位學習對自然與生活科技領域與科技學習態度之影響

許多研究者皆認同數位遊戲對學習十分有助益(Fasli & Michalakopoulos, 2006; Shaffer, 2004; Shaffer, Squire, Halverson, & Gee, 2005; Squire & Jenkins, 2004)。遊戲式數位學習不僅能促進學習者的學習表現(Ke & Grabowski, 2007)，更是有利的科學學習工具，透過多樣化表徵方式可增進學習者科學概念之知識理解與學習動機(Betz, 1995; Malone, 1981; Moreno, 2002; Robertson & Good, 2003)。就作為科學學習工具而言，遊戲式數位學習具備以下特點(Charles & McAlister, 2004; Holland, Jenkins, & Squire, 2002; Sheffield, 2005)，包括：(1)讓學習者於實際參與學習活動中習得知識，而非透過教師的口語講解；(2)創造學習者的學習動機及滿意度；(3)適應學習者各種不同的學習型態及學習技巧；(4)協助學習者精熟學習內容與技能；及(5)提供學習者與他人互動和制定決策的情境。因此，為達成教育目標，數位遊戲被應用於各種學習領域中，就自然與生活科技領域而言，遊戲式數位學習整合科學概念、科學本質、科學技能，以及科學論述與論證，並有效提升其學習動機與學習表現(Annetta, 2012)。Rastegarpour和Marashi (2012)認為藉由遊戲式數位學習產生的愉悅感及遊玩經驗，不僅能與學習者產生良好的互動外，更能有效幫助學習者學習與理解抽象的科學概念。許多研究結果亦顯示，如果使用得當，數位遊戲可成為學習科學概念的有效工具(Bolinggi, 2009; Chua, 2005; Gee, 2005)。

實徵研究證實數位遊戲在自然與生活科技領域與科技學習態度上能有效提升學習者的學習動機、學習成效與學習態度，如White (1984)研究結果顯示，遊戲式數位學習可提升學習者關於物理學中力如何影響物體運動之問題解決的能力。Betz (1995)認為數位遊戲能增進學習者的學習動機，並促進其對科學學習活動的參與度。Becker (2001)研究驗證遊戲式數位學習與學習動機之提升具有關連性，此外，遊戲式數位學習比傳統講述式教學更能激發學習者的學習動機，使其在學習上更有效率。Gander (2002)亦發現遊戲式數位學習對於具體知識的學習認知表

現最為有效。Lehnhoff、Woolbaugh與Rew (2008)則利用遊戲向學習者介紹不同種類的植物與屬性，以及一般的生態概念，如生物多樣性、棲息地等，結果顯示遊戲提供了一個有趣的方式，讓學習者在探究任務的過程中，有效地學習植物生態並理解植物如何適應環境；另一研究指出，遊戲可以讓生態環境的平衡概念透過視覺化的方式呈現，甚至可以在不同的場景中呈現人類行為的後果，進而有利於學習生態環境概念的應用(Susaeta et al., 2010)。

第三節 5E學習環與探索學習模式

5E學習環主張透過投入、探索、解釋、精緻化及評量五個學習步驟，幫助學習者由探索的歷程及經驗中建構知識。探索學習模式則是指以學習者為主的知識探索學習策略，藉由發現、探索、驗證、歸納與解釋問題等學習歷程中習得解決問題的經驗與內涵；此外，教師可提供適切的學習環境引導學習者進行探索學習活動。故本研究以5E學習環為遊戲學習活動之設計基礎，探討不同探索學習模式對國小高年級學習者學習之影響。以下針對5E學習環之意義、探索式學習之意涵與層次、探索式學習對自然與生活科技領域學習之影響及探索式學習在數位遊戲之影響進行歸納和探討。

壹、5E學習環之意義

學習環(learning cycle)發展源自皮亞傑的認知發展理論，在學習成效之影響上，已被證實為一種有效進行科學學習的方式(Renner, Abraham, & Birnie, 1988)。而後，美國生物課程改進計畫Biological Science Curriculum Study (BSCS)以建構主義觀點為基礎改良發展出5E學習環教學模式，強調以學習者為中心，並進行知識建構，主張透過投入、探索、解釋、精緻化和評量五個步驟，培養學習者學習科學和解決問題的能力和情意(Bybee, 1993)，其中，「投入」(Engagement)旨在引發學習者興趣，並與舊經驗做連結，多以提出問題方式呈現；「探索」(Exploration)旨在讓學習者主動地探索學習環境及組織對習得知識的理解，並須適時提供引導；「解釋」(Explanation)旨在讓學習者在探索時針對習得概念提出解釋或示範；「精緻化」(Elaboration)旨在檢視學習者對習得概念的理解，並提供回饋或驗證的機會；「評量」(Evaluation)旨在評量學習者是否達到學習目標，抑或是幫助學習者進行自我檢視(王美芬、熊召弟，1995)。

因此，若能利用數位遊戲之特點，融入5E學習環之學習步驟，藉由遊戲情景與故事背景之鋪陳，有效傳達知識概念，並將學習內容包裝成學習任務，使得學習者在解決任務的過程中能有意義的組織所習得的知識，進而提升外來種生物概念之學習成效與態度。此外，5E學習環對科學學習之成效表現已被證實具有正向

的影響，特別是在概念保留、科學態度改善、邏輯推理與解決問題的能力上皆優於傳統講述式教學(Abraham, 1997)。故本研究以5E學習環作為理論架構進行遊戲學習活動設計，前四個步驟「投入」、「探索」、「解釋」、「精緻化」為學習任務之學習歷程規劃，學習者首先透過接受任務使其有效投入扮演遊戲角色，其次藉由探索的方式尋求解決任務的方法，接著藉由形成性評量解釋習得的知識，最後依據所獲得的回饋或提示進行反思；最後以第五個步驟「評量」之意涵設計總結性學習任務。

貳、探索式學習之意涵與層次

探索是一系列相關的智力活動(intellectual activities)，運用各種方法去解開與問題相關的隱含關係(Trowbridge & Bybee, 1986)，對學習者而言，探索是為了滿足好奇心，而主動地搜尋知識或瞭解知識的過程(Bishop & Bruce, 2002)。西元1900年前，多數的教育工作者著重以直接教導的方式幫助學習者學習科學並強調知識的累積。而Dewey (1910)則認為科學不僅是知識，亦是一種思維模式和態度。此外，Bruner亦認為應鼓勵學習者藉由探索科學的活動來發展直觀(intuitive)和分析(analytic)的技巧(Bruner, 1960)。因此，就科學探索(inquiry in science)的角度而言，探索是一種學習的方法及過程，可幫助學生發展科學概念(Abd-El-Khalick et al, 2004)。

當探索作為學習方法時，旨在透過學習者自身的好奇心與渴望，激發學習者以積極的態度投入學習中，並強調學習者在認知過程中的主動建構作用，而「學習」更被視為是意義建構與解釋的歷程(Justice et al., 2009)。探索式學習的目的在於運用結構化的推論方法訓練學習者，並鼓勵學習者主動學習，使其瞭解解題所需的定理與規則，進而依據所發現的資料加以規劃以解決相關的問題(Looi, 1998)。Justice等人(2009)的研究指出，探索式學習應用於學科領域中，對學習者而言，探索式學習可促進學習者的學習表現、提升學習的深度和品質，以及對學習者的知識增進和保留有立即地成效，因此學習者對於探索式學習的課程滿意度較高，並認為探索式學習和探索技能對其生活和工作有所幫助；由教師的觀點來看，探索式學習可增進師生之間的溝通和交流，使彼此有更深入的瞭解，進而對學校產生

長期的助益，另外，探索式學習所需營造的學習情境讓同事之間增加意見交流的機會，使其激發出更多的創意和想法(黃皓伶，2011)。

由上述優點可知，探索式學習重視學習者的探索能力，強調以學習者的探索活動為中心，是一種引導學習者發現及解決問題的學習方法，教師可透過安排合適的學習情境，引導學習者主動發現問題，認清問題的所在，提出可能的假設，擬定可行的解決方案，以驗證假設並獲致結論，經由問題解決的過程，讓學習者體會科學探索的經驗，並學習到科學的過程與技能(張靜儀，1995；張清濱，2000；劉宏文、張惠博，2001；楊秀停、王國華，2007)。簡言之，探索式學習強調學習者的主動參與，透過猜測、嘗試及推理等方式在探索過程中學習到解決問題的經驗和方法(楊秀停，2004)。

然而，教師在探索式學習的角色是引導而非放任，應適時協助學習者完成遇到困難及問題時無法解決的難題；教師亦應提供學習者研究的問題，使其自行思索解決的方式，以求得結果，而不只是僅給予學習者操作的機會(楊秀停，2004)。洪振方(2003)認為非探索式學習取向的教師視學習者為知識的接收者，教學主軸以學科為中心，其教學內容涵蓋眾多教材，並認為教材內容越豐富代表其教學表現愈好；而探索式學習取向的教師較以整體觀點看待學習者，教學主軸以學習者為中心，關心學習者認知與創造之成長，並認為教學是為了促進學習者多元才能的發展。從學習者的角度來看，教師的教學教材涵蓋愈多，學習者的學習保留愈少；教師的教學教材涵蓋愈少，學習者的學習保留愈多(Chiappetta, Koballa, & Collette, 1998)。因此，教師應在以學習者為中心的前提下，考量如何提供最適切的探索式學習活動，以幫助學習者主動建構知識。

Windschitl (2003)指出探索式學習是一種定義及研究問題的過程，包含了形成問題、構思假設、設計解決方法、模式化等，被視為是培養科學過程技能的有效方法，因此，依據學習內容的開放程度，將學習活動區分為四種不同的探索層次(如表2-1)。探索學習模式開放程度越大，問題的複雜度越高，所需的技能越多，對於學習者學習及教師指導的困難度也越大，以下統整Colburn (2000)、白佩宜、許瑛珺(2011)和蔡明致、林莞如、葉辰楨、張文華、王國華(2011)對Windschitl所

提出的探索學習模式之學習活動介紹，依序對驗證經驗、結構式探索、引導式探索與開放式探索四個層次進行說明：

表 2-1 探索學習模式之層次比較

探索學習模式	問題	方法或程序	答案
層次 0：驗證經驗	教師提供	教師提供	已知的答案
層次 1：結構式探索	教師提供	教師提供	未知的答案
層次 2：引導式探索	教師提供	學習者設計	未知的答案
層次 3：開放式探索	學習者發展	學習者設計	未知的答案

資料來源：Windschitl (2003)。

一、驗證經驗(Confirmation Experiences)

驗證經驗為最低階的探索學習模式，即食譜式的實驗(cookbook labs)，由教師或課程主導學習者的科學探索活動，旨在促進學習者對於科學概念的認知與理解。學習者依循教師提供的問題、操作方法、操作步驟與預期的結果進行探索學習活動，包括實驗室活動、教師示範活動、趣味科學遊戲及學習者在家的觀察紀錄等。

二、結構式探索(Structured Inquiry)

結構式探索學習活動中，學習者依循教師提供的問題、操作方法和步驟，來探索並獲得未知的結果，因此，學習者不需自行設計探索步驟和資料分析方法，只需照著教師提供的程序完成操作，即可得到結果。結構式探索學習活動常見於教科書或教師所安排的短期觀察動手做活動、資料蒐集作業和小組調查等探索學習活動，以促進學習者科學概念的理解，並藉由生活中的問題，建構科學概念及其延伸應用。

三、引導式探索(Guided Inquiry)

引導式探索學習活動中，教師僅提供學習者學習任務或問題，學習者必須自行設計或規劃解決問題的方法及程序，進而找出問題的答案。學習者可藉由探索問題的過程中，發展自己的解題計畫，以習得相關的科學知識。引導式探索學習活動常見於根據課程單元所設計的問題導向學習(Problem Based Learning)，以及

相關議題所發展之主題探索活動，透過真實世界的結構性問題作為學習起點，提供學習者思考問題並主動進行問題解決的機會，進而擴展思考空間、培養獨立思考的能力。

四、開放式探索(Open Inquiry)

開放式探索學習活動中，學習者可自行發展所欲探討的問題並設計解決問題的方法，包含選取工具及收集資料等，最後形成解釋和發表結論。開放式探索學習活動是動態的學習過程，在探索過程中學習者必須不斷改變與修正方法與策略，以達到解決問題的目標，因此，可幫助學習者習得高階科學過程技能和統整的科學知識；其中，國立科學教育館持續推展的科學展覽活動便屬於此層次的探索活動，包含問題的聚焦到實驗的設計與執行，屬於複雜度及挑戰性極高的探索活動。

綜觀以上四種探索學習模式，本研究為能進一步提升學習者的探索的能力，所以排除已知結果的食譜式實驗，並考量學習者的探索經驗與能力不足，故屏除複雜度較高的開放式探索學習模式。故本研究選取結構式探索與引導式探索，並依據其提供探索問題與未知答案的特性，以及強調有無提供探索程序之差異，進而於教學實驗中發展出「循序式探索」與「自主式探索」兩種探索學習模式，循序式探索參照結構式探索，著重任務解決之程序提供，故學習者必須按照順序解決學習任務，如同學習者解決第一個學習任務後，第二個學習任務才顯示；自主式探索則參照引導式探索，強調學習者自主規劃任務解決之程序，故學習者必須自訂順序解決學習任務，例如同時顯示五個任務，學習者可自行規劃先接受全部任務後再一起解決，抑或是先解決第四個遊戲任務，再解決第一個遊戲任務。本研究針對同一學習內容作不同探索學習模式設計，以了解不同探索學習模式之學習成效與學習態度差異所在，進而提供探索式學習活動設計之具體建議。

參、探索式學習對自然與生活科技領域學習之影響

從許多國內外研究的結果發現，在教師適度引導的探索中，學習者有較佳的學習效果(Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000; Akerson & Hanuscin, 2007;

Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; 施貴善、段曉林, 2004; 蔡執仲、劉錫忠、段曉林, 2004)。因此,就探索式學習對自然與生活科技領域認知學習之影響來看,Lott(1983)針對1957年到1980年所進行的39個教學策略相關研究進行後設分析(meta-analysis),結果發現相較於講述式教學方法,接受探索式學習的學習者在高層次思考方面有較好的表現,而在低層次的認知能力上,則是會有同等的表現。另外,依據Harms與Yager (1981)、Stake與Easley (1978)及Weiss (1978)等人對自然與生活科技領域學習之研究得知,多數教師仍使用傳統講述式教學方法,因此學習者的學習表現僅呈現出精熟但未具連結性的各種事實,較缺乏批判思考與問題解決的能力。然而,部分教師採用探索取向的學習活動,故學習者擁有較多的學習時間,其批判思考、邏輯推理和學科知識等認知能力之發展表現亦較佳(洪振方, 2003)。毛松霖和張菊秀(1997)研究結果則表示,在氣象單元概念學習成效比較上,探索式學習組在統整性問題、理解性問題與全部問題方面的表現皆較傳統教學組好。Khishfe和Abd-El-Khalick (2002)亦認為,以清楚明確的探索式學習活動進行學習,可促使學習者對科學本質及概念的理解。Bakas和Mikropoulos (2003)研究指出,藉由融入電腦互動的探索式學習活動,可幫助大部分學習者熱衷參與學習情境中,並透過學習過程修正對晝夜循環及季節改變的迷思概念。由此可知,探索式學習不僅能有效修正學習者的錯誤概念外,亦能提升其高層次認知能力。

由探索式學習對自然與生活科技領域情意學習之相關研究表示,Chase和Gibson (2002)發現,參與暑期科學探索課程(Summer Science Exploration Program, 簡稱SSEP)的學習者,其對自然與生活科技領域的學習態度較為積極,此研究之晤談結果亦發現,百分之七十的學習者喜愛參與探索式學習活動的經驗,百分之七十七的學習者認為探索式學習活動可提高他們對自然與生活科技領域的興趣。Jarrett (1997)則認為探索式學習可促進學習者的學習態度與學習成效,同時亦有助於學習者的認知理解。蔡執仲、段曉林與靳知勤(2007)亦指出學習者進行探索式學習活動後,對於自然與生活科技領域學習興趣的提升較高於傳統講述式課程。然而,部分研究指出學習者進行探索式學習活動時過於仰賴個人經驗而非證據來形成解釋和結論(Kelly & Chen, 1999)。

針對探索式學習對自然與生活科技領域技能學習之實徵研究結果指出，探索式學習能有效增進學習者的科學解釋能力(吳佳蓮、吳心楷，2006)與同儕溝通能力(Sandoval & Millwood, 2003)；另外，在詮釋基模、描述自然物體的基本語言能力(Zuckerman, Chudinova, & Khavkin, 1998)、資料解釋能力(毛松霖、張菊秀，1997)，以及高層次問題提問能力(Hofstein, Navon, Kipnis, & Mamlok-Naaman, 2005)方面，皆優於接受傳統講述式學習的學習者。Tamir、Stavy和Ratner (1998)亦認同，藉由直接參與探索式學習活動的經驗，能有效幫助學習者提升與發展科學技能。

綜合上述研究的結果表示，探索式學習於自然與生活科技領域學習上，能有效幫助學習者提升科學本質、概念理解、批判思考、邏輯推理和學科知識等高層次思考能力，以及修正迷思概念等認知表現；亦能引起學習者的學習興趣，使其喜愛參與探索式學習活動的經驗，進而培養自然與生活科技領域學習的積極態度。另外，在技能表現上也能有效增進學習者的科學解釋能力與高層次問題提問能力。整體而言，探索式學習對學習者自然與生活科技領域學習有所助益。

肆、探索式學習在數位遊戲之影響

在探索式學習中，探索不應是漫無目標或毫無目的，教師及學習工具應提供學習者發現問題、解決問題的機會，以及學習歷程中所需的資源，並在學習者面對學習困難及障礙時給予提示和鼓勵，以協助學習者在探索過程獲得更好的吸收與理解(Justice et al., 2009)。張靜儀(1995)認為進行探索式學習前，教師應先營造困惑的學習情境，以激發學習者的好奇心，並引導學習者進行探索活動，而視覺化的學習環境對探索式學習十分重要(Edelson, Gordin, & Pea, 1997)。因此，當數位遊戲發展為新興互動型學習模式時，亦加強探索式學習的重要性(Pivec & Dziabenko, 2004)。

遊戲環境的設置與學習情境的提供已逐漸備受重視，而遊戲學習任務的設計則強調學習者的認知理解及應用，使其從中建構習得知識和行為技能(Barron & Darling-Hammond, 2008; Vos, Van der Meijden, & Denessen, 2010)。遊戲故事情節嵌入學習情境亦能豐富視覺化的學習環境，使學習者更積極參與數位遊戲中的學習任務，進而輔助學習者將科學概念遷移至長期記憶，並增進科學學習的態度。

當學習者在數位遊戲裡藉由尋求故事情節中隱含的關鍵概念解決學習任務的同時，亦將學習內容與真實世界進行連結，進而產生學習遷移促進有意義的學習 (Demircioglu, Demircioglu, & Calik, 2009)。

Lucey-Roper (2006)指出數位遊戲整合探索學習模式會透過以下特點來傳遞知識：(1)吸引人的真實環境模擬；(2)引導發現和非引導探索的機會；(3)真實和引發學習者動機的挑戰；(4)給予學習者的即時回饋；(5)透過觀察提供邊做邊學的機會。此外，1970年代科學教育提出傳統講述式教學若嵌入學習情境之設計，則能有效解決科學學習問題(Pilot & Bulte, 2006)，利用遊戲故事情節結合學習任務挑戰的過程，不僅能幫助學習者投入學習任務中以改善學習成效，更能強調數位遊戲學習情境的重要性(Lepper & Cordova, 1992)。綜合上述，探索學習模式強調學習者的主動參與及解決問題的過程，而數位遊戲則具有真實環境模擬、故事情節敘述、學習任務挑戰及即時回饋呈現等特性，因此若能有效將數位遊戲整合探索學習模式，不僅能藉由學習情境的提供刺激學習者的探索欲望，更能透過解決任務和回饋提示組織認知架構，進而加強學習者將學習內涵與真實世界連結的能力。如同Casazza與Cicczazo (2006)所言，若能將創新的資訊科技融入學習活動中，並運用得當，則能較傳統講述式教學帶來更積極正面的影響。

第四節 學習型態

學習型態被視為影響學習的重要因素之一，學習者在學習過程中所表現出的知覺反應和個人偏好等因素，皆會影響其學習成效與學習態度。對教師而言，藉由學習型態之探究能幫助瞭解學習者的個別差異，以改善教師的教學品質。以下針對學習型態之內涵、學習型態之分類與特徵及學習型態與遊戲式數位學習進行歸納和探討。

壹、學習型態之定義

學習型態(learning style)源自1940年代，實驗心理學對認知風格(cognitive styles)之研究，主要著重在解釋個體在認知方面之特質(例如：知覺、記憶或訊息處理方式等)上的差異，由於此方面之研究明顯具有教育應用價值，擴充演變後於1970年代產生學習型態一詞(郭重吉，1987)。學習型態有時亦稱為學習風格，意指學習者對物理、環境、社會和生理等各方面的刺激所產生的學習偏好(Dunn & Dunn, 1979)。當學習者進行學習活動時，其專屬於個人的學習方式，通常與自身的個人特質有相當大的關聯性(Felder & Spurlin, 2005)。由於國內外學者對學習型態之分析與解釋有所不同，故針對各學者對學習型態之定義加以整理，如表2-2所示。

張春興(1985)定義學習型態為學習者在多變的環境中從事學習活動時，經由其知覺、記憶、思維等心理歷程，在外顯行為上表現出帶有認知、情意、生理等三種性質的習慣性特徵。Kolb (1976)認為學習型態是指學習者在具體經驗、觀察後反應、形成抽象概念、行動後獲得新經驗等四個學習階段當中的行為表現。Hunt (1979)表明學習型態代表學習者最有可能學習成功的教育條件或學習情境，著重學習者如何學習，而非學到些什麼。Gregorc (1979)指出學習型態是提供學習者心智運作的線索，俾使學習者能夠從環境中調適一些特殊的行為。Garger與Guild (1984)定義學習型態為學習者致力於一項學習任務時，經由其行為和人格的交互作用而表現出來的穩定而普通的特徵。Mather與Champagne (2008)強調學習型態是指當學習者面臨學習情境時，最先採取的學習方法。林麗琳(1995)認為學習型

態包含認知、情意、社會、生理等因素；具有獨特性、穩定性及一致性，意指學習者在學習過程中的學習偏好，也就是達成有效學習的習慣性反應傾向。

表 2-2 學習型態之定義整合表

研究者	年代	定義
Kolb	1976	學習者在「具體經驗」、「觀察後反應」、「形成抽象概念」、「行動後獲得新經驗」等四個學習階段當中的行為表現。
Dunn & Dunn	1979	學習者對物理、環境、社會和生理等各方面的刺激所產生的學習偏好。
Gregorc	1979	能提供學習者心智運作的線索，俾使學習者能夠從環境中調適一些特殊的行為。
Hunt	1979	最有可能促使個體學習成功的教育條件或學習情境；學習情境旨在描述學習者如何學習，而非學到什麼。
Keefe	1982	在認知、情意和生理的特質之下，學習者可用來作為對學習環境加以觀察、互動及反應的穩定指標。
Gager & Guild	1984	學習者致力於一項學習任務時，經由其行為和人格的交互作用而表現出來的一種穩定且普遍的特徵。
Felder & Spurlin	2005	學習者在學習時，專屬於個人的學習方式，通常與自身的個人特質有很大的關聯。
Mather & Champagne	2008	當學習者面臨學習情境時，最先採取的學習方法。
張春興	1985	學習者在變化不居的環境中，從事學習活動時，經由其知覺、記憶、思維等心理歷程，在外顯行為上表現出帶有個別差異的學習偏好。
郭重吉	1987	學習者在教學過程中所表現出來的個人學習方式或作風；此種方式或作風是個人處於個人、環境、認知、情意、社會等影響學習成果的變因之下，在學習過程和學習策略方面所表現出來的穩定特徵。
林麗琳	1995	包含認知、情意、社會、生理等因素；具有獨特性、穩定性及一致性。簡而言之，學習型態是指個人在學習過程中的學習偏好，也就是達成有效學習的習慣性反應傾向。
吳百薰	1998	學習者在與學習情境及學習過程的交互影響下，對物理、環境、情緒、社會和生理等多方面的刺激，所產生的特殊偏好及刺激慣用的反應方式。

資料來源：吳百薰(1998)、蕭貴徽(2009)。

綜觀各學者對學習型態之定義，歸納出以下四項主要概念(蘇輝明，2004；吳百薰，1998)：(1)學習型態為學習者的特殊偏好或傾向；(2)學習者的特殊偏好或傾向可能是受到個人、認知、情意、社會、和環境等因素交互作用下之產物；(3)每位學習者的學習型態都是獨特的，並存在個別差異；(4)學習型態是經過長時間累積而成，在短時間內不會因學習情境和學習內容的改變而有影響，具有一致性及穩定性。簡而言之，學習型態是學習者的知覺與學習環境等多方面因素互動下所表現出的獨特性學習傾向。綜合上述學習型態之定義與主要概念，並考量本研究教學實驗活動之特性，為瞭解不同學習型態的學習者面對須自行調整學習節奏的遊戲式數位學習之差異，因此，本研究主要探討有關學習者學習者在進行資訊處理時，其認知處理、思考反應與問題解決的學習型態。

貳、學習型態之分類與特徵

不同學者對學習型態之分析層面亦有所不同，而產生不同的詮釋及見解，因此，衍生出各種學習型態分類方式。Riding與Rayner (1998)依據各種學習型態之主要特徵將其分為三種取向，包含意義導向之學習過程(learning and meaning-oriented processes)、教學偏好(instructional preferences)，以及認知技能發展(cognitive skill development)。以意義導向之學習過程為依據的學習型態著重學習活動之差異；以教學偏好為依據的學習型態強調學習者的人格特質與學習情境；以認知技能發展為依據的學習型態聚焦於認知處理之差異。另外，Coffield、Moseley、Hall與Ecclestone (2004) 整理學習型態之相關文獻，並列出71種不同的學習型態，其中有60種學習型態皆具有測量工具。Coffield等人(2004)將學習型態分為五種取向，包括：(1)遺傳或先天性的偏好，包含視覺、聽覺、動覺與觸覺四個模式(VAKT)；(2)認知結構；(3)人格特質；(4)可變通的學習偏好；以及(5)學習方法及策略，其學習型態分類表如表2-3所示。

表 2-3 Coffield 等人之學習型態分類表

類別	研究者	年代	測量工具
遺傳或先天性的偏好，包含視覺、聽覺、動覺與觸覺四個模式(VAKT)	Dunn & Dunn	1975	Learning Style Inventory (LSI)
		1979	Learning Style Questionnaire (LSQ)
	Gregoric	2003	Building Excellence Survey (BES)
		1977	Gregorc Mind Styles Delienator (MSD)
認知結構	Riding	1991	Cognitive Styles Analysis (CSA)
	Apter	1998	Motivational Style Profile (MSP)
人格特質	Jackson	2002	Learning Style Profiler (LSP)
	Myers-Briggs	1962	Myers-Briggs Type Indicator (MBTI)
	Allison & Hayes	1996	Cognitive Style Index (CSI)
	Herrmann	1995	Brain Dominance Instrument (HBDI)
可變通的學習偏好	Honey & Mumford	1982	Learning Styles Questionnaire (LSQ)
	Felder & Silverman	1996	Index of Learning Styles (ILS)
	Kolb	1976	Learning Style Inventory (LSI)
		1999	LSI Version 3
學習方法及策略	Entwistle	1979	Approaches to Study Inventory (ASI)
		1995	Revised Approaches to Study Inventory (RASI)
		2000	Approaches and Study Skills Inventory for Students (ASSIST)
	Sternberg	1998	Thinking Styles
	Vermunt	1996	Inventory of Learning Styles (ILS)

資料來源：Kanninen (2009)、Coffield 等人(2004)。

由於本研究主要探究學習者認知處理之內化反應，因此參考與Riding (1991) 同為認知結構取向之More (1993)學習型態量表，More根據學習者認知處理心理活動歷程之差異，將學習型態分為整體型-分析型、語意型-圖像型、具體型-抽象型、嘗試型-反思型(More, 1993)，其各種學習型態之認知處理心理活動歷程分析如表 2-4所示。

表 2-4 More 學習型態之認知處理心理活動歷程分析表

認知處理層級	學習型態	認知處理心理活動歷程
知覺	整體型 (Global)	整體型學習型態在學習活動前強調整體型的概述及大綱，並需要將學習內容嵌入在一個有意義的學習情境中。
	分析型 (Analytical)	分析型學習型態強調將學習內容分析成一連串細目，其學習活動由細目循序集成整體。
編碼	語意型 (Verbal)	語意型學習型態在學習活動中使用專業術語去定義名詞，依賴較多的文字解釋及語意型編碼方式。
	圖像型 (Imaginal)	圖像型學習型態強調在學習活動中使用圖形、符號、圖表、明喻、隱喻，利用圖像型編碼方式，比較容易記憶。
思考	具體型 (Concrete)	具體型學習型態強調學習活動中先呈現範例再學習概念或原則，學習教材最好是具體可看、可接觸或可聽的。
	抽象型 (Abstract)	抽象型學習型態強調學習活動中先講解概念、規則再呈現範例，較少需要範例，範例甚至造成混淆。
反應	嘗試型 (Trial Error Feedback)	嘗試型學習型態喜歡快速的反應即使對答案不是很有信心，屬衝動性反應但依賴回饋，期望從教師的反應得到回饋。
	反思型 (Reflective)	反思型學習型態在做之前會先停、看、聽，仔細思考後才回答，較少依賴外部回饋、也較少錯誤，但需要時間思考。

資料來源：王麗君(2005)、More (1993)。

考量本研究旨在瞭解不同學習型態之學習者在進行5E遊戲學習活動時，認知處理、思考反應與問題解決的個別差異，因此，在後續資料分析上主要探討More (1993)所提出的「嘗試型-反思型學習型態」對學習者的學習表現之影響。

參、學習型態與遊戲式數位學習

學習者在學習的過程中，影響其學習的因素很多，包括人格特質、學習動機、學習環境和教師教學方法等，其中，教師的教學與學習者的學習有相當密切的關係(Fielding, 2000)。若教師依據學習者之學習型態營造及設計出有利的學習環境與適當的學習活動，不僅可維持並增進學習者之學習動機，更能滿足個別學習者的獨特學習偏好，有效增進學習成效(楊坤堂，1996)。而數位遊戲環境提供多重感官效果、學習目標與即時回饋，能有效幫助學習者進行學習(Oblinger, 2004)。

此外，Chao (2006)指出不同學習型態的學習者進行遊戲式數位學習活動時，皆抱持積極的學習態度。故研究者針對近期學習型態運用於遊戲式數位學習之研究進行整理，並將重點摘要如表2-5，以瞭解相關研究之發現與發展。

Huang等人(2007)發現場依賴型學習者使用遊戲式數位學習系統之學習成就優於場獨立型學習者。Milovanović、Minović、Kovačević、Minović與Starčević (2009)指出感覺型學習者使用電腦遊戲做為學習工具時，其學習過程會注意更多的細節及真實經驗，因此學習表現較優於直覺型學習者。Hsieh、Jang、Hwang與Chen (2011)認為當教學風格屬於集思廣益時，主動型學習者之學習成效優於反思型學習者。Wang與Chen (2012)指出聚斂型學習者對程式語言學習之學習理解成效顯著高於發散型學習者。蕭惠英(2006)認為遊戲式網路評量可提升不同學習型態學習者的數學學習成效及學習態度。賴俊甫(2007)指出數位遊戲學習方式有助於不同學習型態學習者對科學相關態度的培養。侯貴文(2007)發現偏好思考的資訊接受方式，在學業表現及記憶保留上，顯著優於感覺的資訊接受方式。不同資訊處理方式的學習者在學習表現及記憶保留尚沒有差異；同化型及聚斂型學習者在學業表現及記憶保留上優於發散型及調適型學習者。

表 2-5 近期學習型態運用於遊戲式數位學習之實徵研究

研究者	研究對象	研究主題	研究工具	研究結果
Chao (2006)	大學生	遊戲式數位學習	Kolb (1985): LSI	1. 不同學習型態學習者進行遊戲式數位學習活動時, 皆抱持積極的學習態度。
Huang 等人 (2007)	九年級學習者	奈米	Kim (2001): GEFT	1. 場依賴型學習者使用遊戲式數位學習系統之學習成就優於場獨立型學習者。
Milovanović、Minović、Kovačević、Minović 與 Starčević (2009)	大學生	網路與通訊	Myers-Briggs (1962): MBTI	1. 感覺型學習者使用電腦遊戲做為學習工具時, 其學習過程會注意更多的細節及真實經驗, 因此學習表現較優於直覺型學習者。
Hsieh、Jang、Hwang 與 Chen (2011)	五年級學習者	蝴蝶生態	Felder & Silverman (1996): ILS	1. 當教學風格屬於集思廣益時, 主動型學習者之學習成效優於反思型學習者。
Wang 與 Chen (2012)	八年級學習者	程式語言概念	Kolb (1985): LSI	1. 聚斂型學習者對程式語言學習之學習理解成效顯著高於發散型學習者。
蕭惠英(2006)	八年級學習者	一元一次方程式、比與比例式	Kolb (1985): LSI	1. 遊戲式網路評量可提升不同學習型態學習者的數學學習成效。 2. 遊戲式網路評量可提升不同學習型態學習者的數學學習態度。
賴俊甫(2007)	五年級學習者	科學數位遊戲學習系統	Kolb (1999): LSI V3	1. 數位遊戲學習方式有助於不同學習型態學習者對科學相關態度的培養。
侯貴文(2007)	七年級學習者	內分泌系統	Kolb (2005): LSI V3.1	1. 偏好思考的資訊接受方式, 在學業表現及記憶保留上, 顯著優於感覺的資訊接受方式。 2. 不同資訊處理方式的學習者在學習表現及記憶保留尚沒有差異。 3. 同化型及聚斂型學習者在學業表現及記憶保留上優於發散型及調適型學習者。
曾小玲(2010)	九年級學習者	遊戲規則發現	Kolb (1999): LSI V3	1. 不同學習型態學習者對規則發現之類型偏好沒有差異。 2. 不同學習型態學習者對規則發現之總量沒有差異。

資料來源：研究者整理

第三章 研究方法

本研究以「5E遊戲學習活動」為外來種生物概念課程進行教學實驗，旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者學習外來種生物概念學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。以下就研究對象、研究設計、數位教材設計、研究工具及資料蒐集與分析進行說明。

第一節 研究對象

本研究之研究對象為國小高年級學習者，參與研究之樣本為新北市某國小六年級學習者。該校所有班級均屬常態編班，且所有學習者均接受過電腦相關課程，具備基本的電腦操作技能。參與樣本在教學實驗活動進行前，已學過動物與植物的基本概念，但尚未修習過外來種生物概念相關知識。為配合原班級課程安排，本研究以班級為單位，隨機選取該校六年級之八個班級進行教學實驗活動，共226位參與者，男生119位，女生107位，年齡介於11至12歲之間。

本研究為考量實驗分析之準確性，剔除未全程參與的學習者9人、極端值3人，另外，為瞭解學習者之學習型態類別，依據學習型態量表中的嘗試型學習型態向度總分減反思型學習型態向度總分之得分進行遞減排序，其排序結果之前40%定義為嘗試型學習型態、後40%定義為反思型學習型態，故剔除學習型態不具顯著意義的學習者40人，故本研究之有效樣本為174人，男生94人、女生80人。有效樣本以班級為單位，隨機分派四個班級為「循序式探索組」，四個班級為「自主式探索組」。兩組再各分派兩個班級為「3D遊戲組」，兩個班級為「2D遊戲組」，各組並根據學習者在學習型態量表的得分排序結果，分為「嘗試型學習型態組」和「反思型學習型態組」。

教學實驗之分組與各組人數分配如表 3-1 所示，「循序式探索－3D 遊戲－嘗試型學習型態」21 人，「循序式探索－3D 遊戲－反思型學習型態」23 人，「循序式探索－2D 遊戲－嘗試型學習型態」21 人，「循序式探索－2D 遊戲－反思型學習型態」22 人，「自主式探索－3D 遊戲－嘗試型學習型態」22 人，「自主式

探索－3D 遊戲－反思型學習型態」20 人，「自主式探索－2D 遊戲－嘗試型學習型態」22 人，「自主式探索－2D 遊戲－反思型學習型態」23 人。合計循序式探索組共 87 人，自主式探索組共 87 人，3D 遊戲組共 86 人，2D 遊戲組共 88 人，嘗試型學習型態組共 86 人，反思型學習型態組共 88 人。

表 3-1 教學實驗之分組與各組人數分配表

5E 遊戲學習活動 探索學習模式		學習型態		
		嘗試型 學習型態	反思型 學習型態	合計
循序式探索	3D 遊戲	21	23	44
	2D 遊戲	21	22	43
	合計	42	45	87
自主式探索	3D 遊戲	22	20	42
	2D 遊戲	22	23	45
	合計	44	43	87
3D 遊戲		43	43	86
2D 遊戲		43	45	88
合計		86	88	174

第二節 研究設計

本研究採用因子設計(factorial design)之準實驗研究，旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合 5E 遊戲學習活動(3D 遊戲、2D 遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者學習外來種生物概念學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。以下就研究架構及教學實驗流程進行說明。

壹、研究架構

本研究之探索學習模式整合 5E 遊戲學習活動與學習型態之研究設計架構如圖 3-1 所示。

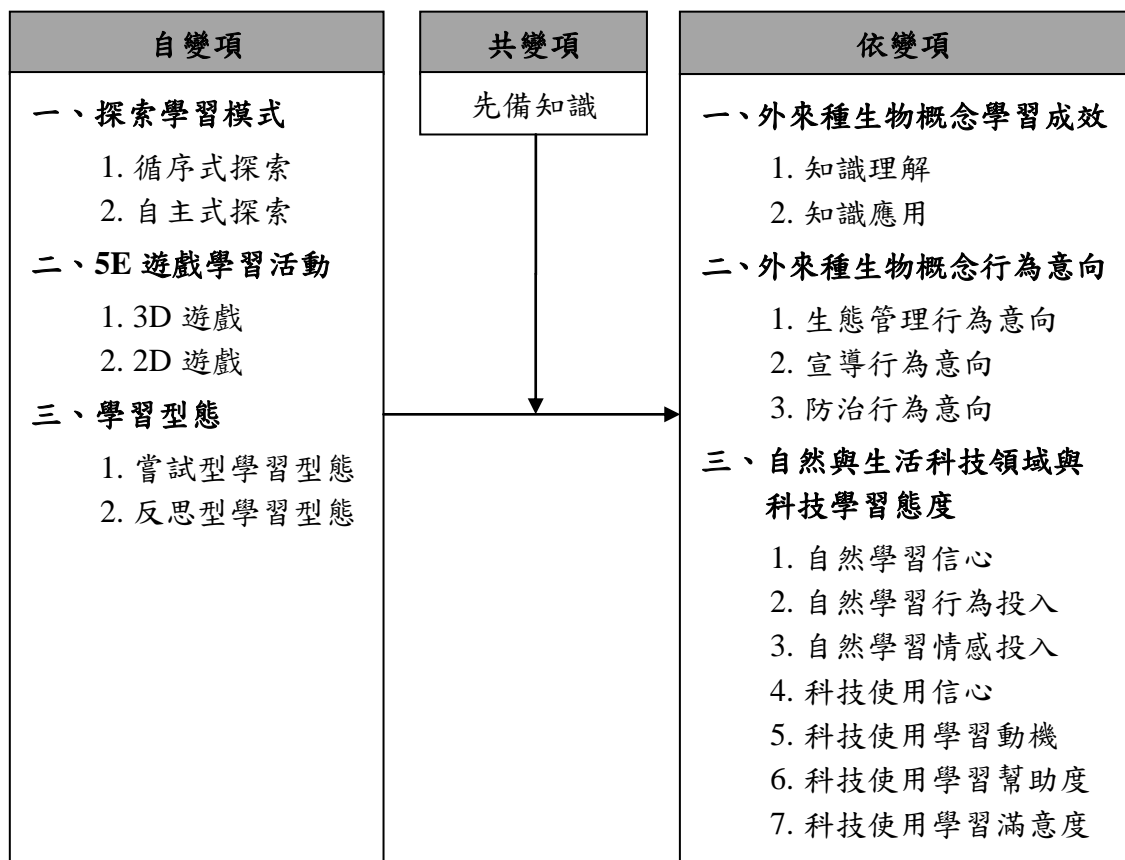


圖 3-1 探索學習模式整合 5E 遊戲學習活動與學習型態之研究設計架構圖

本研究之自變項有三，分別為「探索學習模式」、「5E遊戲學習活動」及「學習型態」。「探索學習模式」依據探索學習程序的提供與否，將學習者的學習任務解決順序分為循序式探索和自主式探索，「循序式探索」是指在進行5E遊戲學習活動時，學習者按照順序解決學習任務；「自主式探索」則是指在進行5E遊戲學習活動時，學習者自訂順序解決學習任務。「5E遊戲學習活動」依據數位遊戲之感官刺激與互動性之差異，分為3D遊戲和2D遊戲；「3D遊戲」是指以商業遊戲「星海爭霸II (StarCraft II)」之地圖編輯器建置的外來種生物概念學習遊戲，利用地圖編輯器內建之立體場景、物件、聲光特效與互動性觸發條件等優勢，將學習內容包裝為學習任務進行學習活動；「2D遊戲」則是指以Adobe Flash Professional CS5製作的外來種生物概念學習遊戲，學習內容同樣被包裝成學習任務，但不同的是，2D遊戲以2D畫面為主，並刪除動畫、特效及音效等較多的感官刺激元素。「學習型態」依據學習者學習者在進行資訊處理時，其認知處理、思考反應與問題解決之個別差異，分為嘗試型學習型態和反思型學習型態。「嘗試型學習型態」是指學習者在進行學習活動時，偏好快速反應，並期望在學習歷程中獲得回饋；「反思型學習型態」則是指學習者在解決學習活動中遇到問題時，先仔細思考整體性後才回應，亦較少依賴外部回饋。

本研究之依變項有三，分別為「外來種生物概念學習成效」、「外來種生物概念行為意向」與「自然與生活科技領域與科技學習態度」。「外來種生物概念學習成效」主要探討學習者在不同探索學習模式下進行5E遊戲式學習活動之後在外來種生物概念測驗的表現情形，其中包含知識理解和知識應用兩個向度。「外來種生物概念行為意向」主要探討學習者在不同探索學習模式下進行5E遊戲式學習活動之後在外來種生物概念行為意向的表現情形，其中包含生態管理行為、宣導行為和防治行為三個向度。「自然與生活科技領域與科技學習態度」主要探討學習者在不同探索學習模式下進行5E遊戲式學習活動之後在自然學習與科技使用的看法及感受，其中包含自然與生活科技領域與科技學習態度、自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度七個向度。

本研究為配合受試班級的班級、教室和課表的安排，教學實驗以班級為單位，實驗地點皆在電腦教室進行，實驗時間為各班的電腦課上課時間，教學者為研究者本人，教學實驗為期四週，每週一節40分鐘，每班各160分鐘。

貳、教學實驗流程

學習者在四週(共計160分鐘)學習時間內進行前測、5E遊戲學習活動(外來種生物概念學習任務、總結性學習任務)與後測，教學實驗暨5E遊戲學習活動流程如圖3-2所示。第一週開始先讓學習者實施前測，包含學習型態量表和外來種生物先備知識測驗，施測時間共計20分鐘；接著，教學者簡單說明5E遊戲學習活動意涵並示範遊戲角色簡易操作技巧後，便讓學習者進行遊戲操作練習，說明、示範與練習時間共計10分鐘；最後，則開始5E遊戲學習活動。第二週和第三週亦進行5E遊戲學習活動，讓學習者於「貓島歷險記」中學習外來種生物概念。第四週前20分鐘先讓學習者運用前三週所習得的外來種生物概念相關認知與正確態度，進行總結性學習任務以探討學習者於各種情境中面對外來種生物相關問題的行為意向；最後20分鐘實施後測，包含外來種生物學習成效測驗和自然與生活科技領域與科技學習量表。學習者進行「貓島歷險記」5E遊戲學習活動之照片如圖3-3所示。

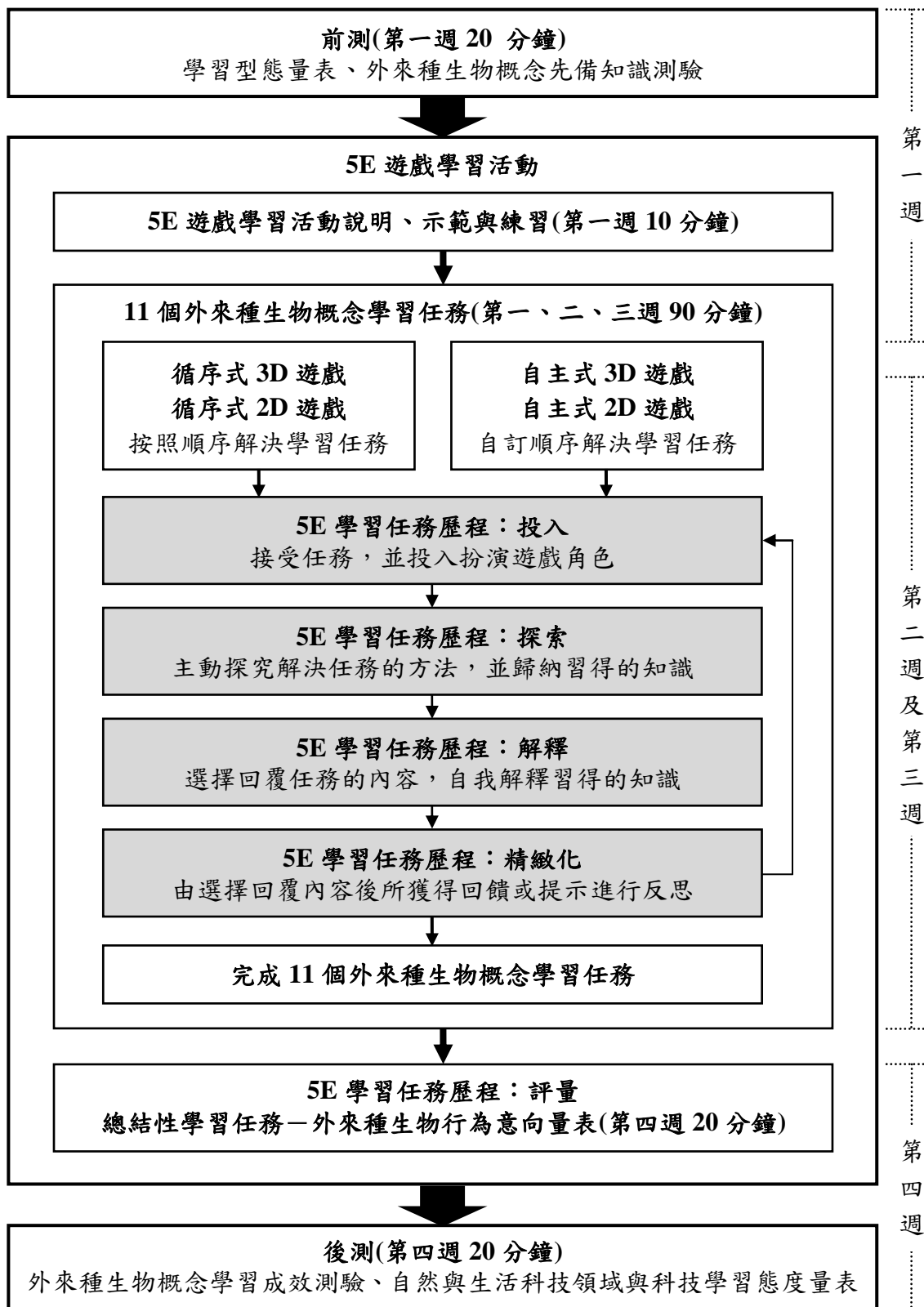


圖 3-2 教學實驗暨 5E 遊戲學習活動流程圖



圖 3-3 學習者進行「貓島歷險記」5E 遊戲學習活動

第三節 數位教材設計

本研究之數位教材設計以遊戲式數位學習為主軸、5E學習環為理論架構，並整合探索學習模式設計出5E遊戲學習活動—「貓島歷險記」，以幫助學習者學習外來種生物概念相關認知與正確態度，以下就學習內容與學習目標、5E遊戲學習活動規劃、5E遊戲學習活動教材設計分別進行說明。

壹、學習內容與學習目標

5E遊戲學習活動以外來種生物概念為主軸，融合教育部97年國民中小學九年一貫自然與生活科技領域課程綱要及七大議題之環境教育能力指標，將學習內容分成：(1)外來種生物的定義、(2)外來種生物產生的原因、(3)外來種生物造成的影響，以及(4)外來入侵種生物的防治與抑制。其學習目標包括(1)解釋外來種生物的定義及有效辨別外來種生物類別、(2)列舉外來種生物產生的原因、(3)說明外來種生物所造成的影響、(4)舉出外來入侵種生物的防治與抑制方法，並能正確施行。外來種生物概念知識架構圖如圖3-4 所示。

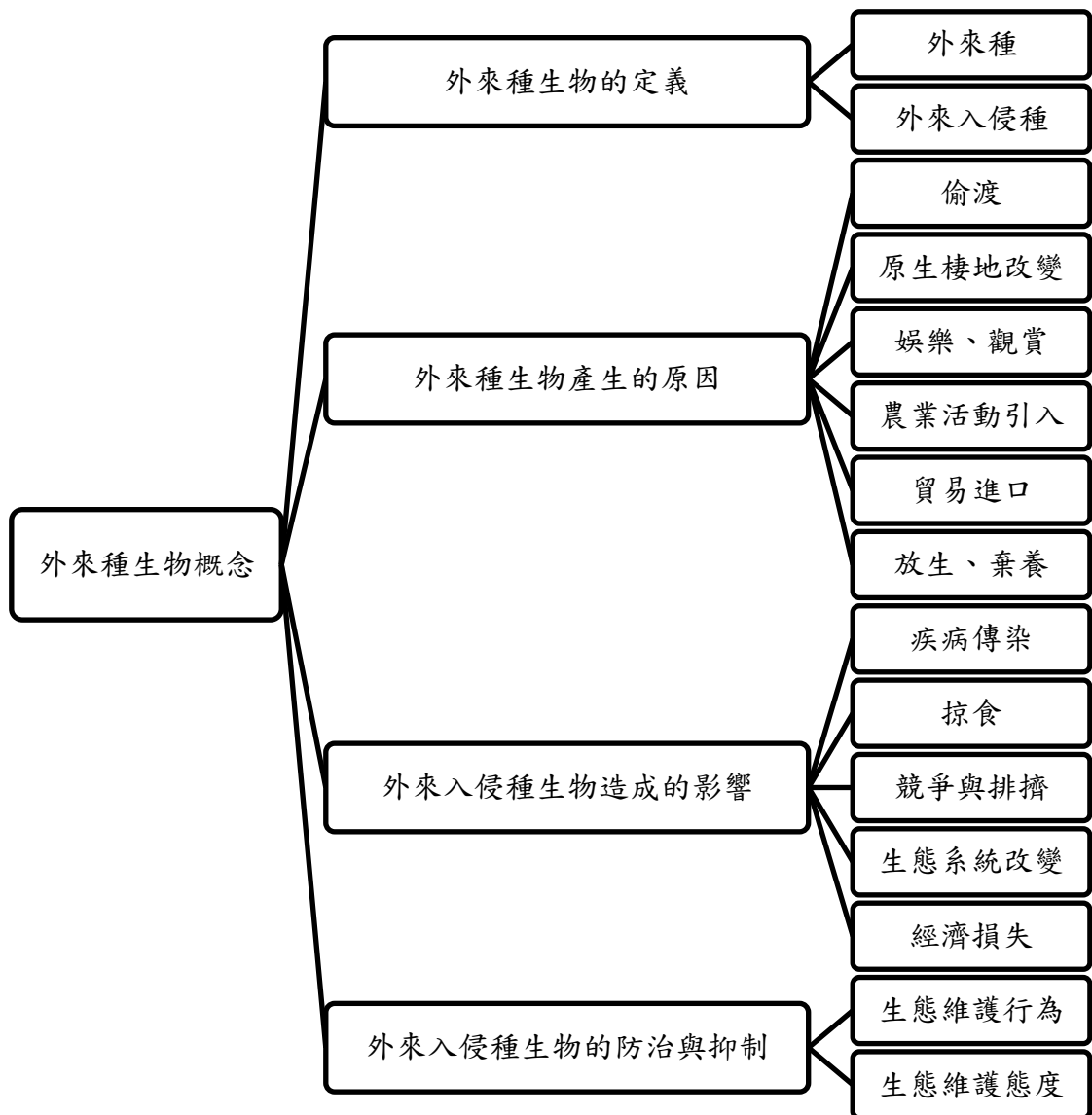


圖 3-4 外來種生物概念知識架構圖

貳、5E 遊戲學習活動設計

5E遊戲學習活動透過虛擬生態環境的建置，讓學習者以角色扮演的方式在遊戲情境中協助NPC(Non-player character)解決問題，並在任務的歷程中組織、建構外來種生物概念的認知及態度，進而有效應用於真實世界中。5E遊戲學習活動—「貓島歷險記」包含港口、都市、農場、村莊及重劃區五個遊戲場景，除重劃區為總結性學習任務外，每個遊戲場景均包含多個學習主題，每個學習主題亦有對

應的學習任務，其5E遊戲學習活動內容規劃如表3-2所示。學習者可以在遊戲場景中自由探索，但學習任務的解決順序則依據該學習者探索學習模式組別之差異而有所不同，「循序式探索」組的學習者在進行5E遊戲學習活動時，必須按照順序解決學習任務；「自主式探索」組的學習者在進行5E遊戲學習活動時，則能自訂順序解決學習任務。

表 3-2 5E 遊戲學習活動內容規劃表

遊戲場景	學習主題	學習任務
港口	外來種生物的定義	學習者為替唐恩解惑，透過傾聽多位居民及長者的對話，瞭解目前貓島有許多原本不存在的物種，而這些生物稱為外來種生物。
	偷渡	為了阻止偷渡進來的外來種生物破壞倉庫，工頭派恩請求學習者協助他們滅殺這些生物，並承諾不再以非法手段引進外來種生物。
都市	外來入侵種生物的定義	薇薇安向學習者說明部分外來種生物無法與原生種生物和平相處，並對原生種生物造成生存迫害。學習者也從其他居民口中得知外來入侵種生物就是指這些危害原生種生物的物種。
	原生棲地改變	學習者在探究的過程中發現藍儂為消失的物種感到難過，向居民詢問後得知許多生物因為都市的開發計畫已遷移到其他地區。
	娛樂、觀賞	學習者向公園裡攜帶寵物的居民詢問其來源，並從回答中發現擁有寵物的人大多為了娛樂及觀賞的私心，購買稀有的外來種生物。
	疾病傳染	學習者協助政府治癒遭受感染的居民，並撲殺具有傳染病的寵物。
農場	農業活動引入	農場主人招待學習者到農田參觀，並談論到為了節省人力開銷及有效提升農產量，特地引進外來種生物取代人工耕作農田。
	掠食	學習者阻止外來種生物獵殺農場飼養的生物，而農場夫人懺悔事先沒有調查引進物種的特性，才會造成農場的生物被掠食。
村莊	貿易進口	學習者看到村莊居民跟商人購買食用肉品，詢問之下得知村莊的氣候不適合飼養許多供食用的生物，故多數皆透過進口而得。
	競爭與排擠	學者告知學習者這些外來種生物因政府的都市開發計畫使其被迫遷移至此地，故學習者協助學者進行研究計劃及建造物種棲息地，讓原生種生物與外來種生物都有其居住的地方，也不會影響彼此間的生存。
	生態系統改變	學習者阻止池塘裡的尖角鰻大量繁殖，以維持池塘的生態多樣性。
重劃區	總結性學習任務	學習者必須依據自身對外來種生物的認知，協助貓島居民們在面對外來種生物的各種情況下做出回應，其回應亦會影響防治中心是否能有效阻止外來入侵種生物的迫害。

學習任務則以5E學習環為理論架構進行設計，強調讓學習者根據投入、探究、解釋和精緻化學習任務與習得知識的四個階段進行5E遊戲學習活動，首先透過接受任務使其有效投入扮演遊戲角色，其次藉由探究的方式尋求解決任務的方法，接著以形成性評量解釋習得的知識，最後依據所獲得的回饋或提示進行反思，所有學習任務完成後進行總結性評量，其5E遊戲學習活動架構如圖3-5所示。

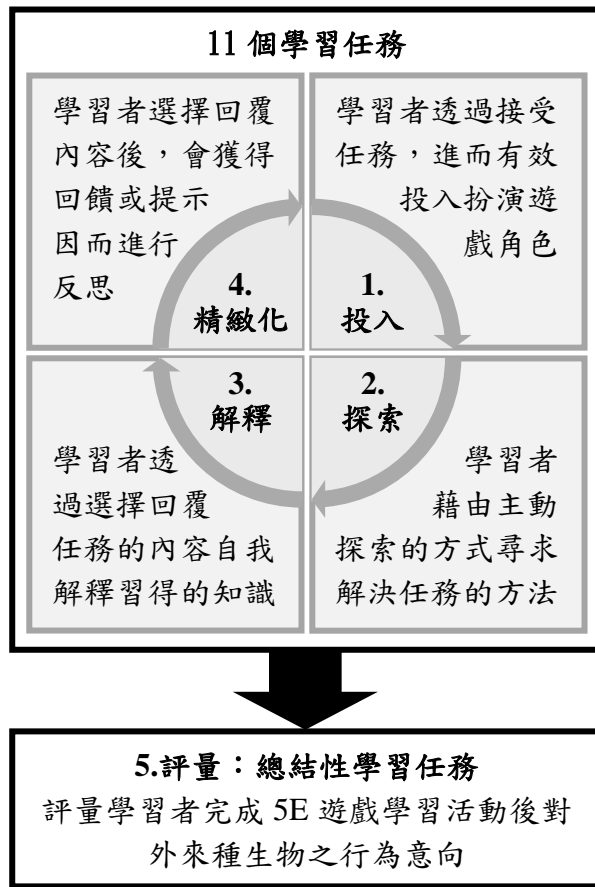


圖 3-5 5E 遊戲學習活動架構

以外來種生物的定義此學習主題為例，其5E學習任務歷程為：遊戲NPC唐恩對貓島上沒看過的生物感到疑惑，學習者與其交談後即接受任務請求，因而產生使命感投入遊戲角色中；其次，為了完成任務，學習者須主動探索解決任務的方法，透過傾聽貓島上多位居民及長者的對話，瞭解目前貓島有許多原本不存在的物種，並通稱這些生物為外來種生物，進而歸納出唐恩疑惑的答案；接著，學習者回覆唐恩時，必須由三個選項中選擇回覆的內容(外來種生物指的是其他國家的生物，原生種生物則是指本國的生物；外來種生物是指新品種的生物；外來種生物指的是離開原生長區域，進入新的棲地或生態系的物種)，其選擇過程中能幫助學習者自我解釋探索時所吸收之訊息所組織而成的知識；最後，確定選擇回覆的內容後，若選擇錯誤，遊戲會提供提示(長者先生好像不是這樣說的，再去聽聽看

他說什麼吧)協助學習者再次學習正確的知識並幫助其反思選擇錯誤的原因為何；若選擇正確，遊戲則會提供回饋(唐恩：我懂了，原來外來種生物是指遷徙到新生態系的物種)協助學習者從中反思及加深習得知識的建構。

參、5E 遊戲學習活動教材設計

本研究考量感官刺激與互動性之差異，採用星海爭霸2 (StarCraft II)之地圖編輯器與Adobe Flash Professional CS5軟體分別建置3D遊戲版和2D遊戲版的5E遊戲學習活動—「貓島歷險記」，以下就3D遊戲教材和2D遊戲教材分別進行說明。

一、3D遊戲教材

以下針對3D遊戲教材之設計工具、遊戲規則、學習互動機制，以及學習活動歷程分別進行說明。

(一)設計工具

本研究之 3D 遊戲教材的設計發展工具採用市售商業遊戲「星海爭霸 II (StarCraft II)」之地圖編輯器，用以建置「貓島歷險記」之 3D 遊戲學習環境，讓學習者在較多的聲光效果與高互動程度下進行 5E 遊戲學習活動。星海爭霸 II (StarCraft II)之地圖編輯器提供場景設計(如圖 3-6)與遊戲事件設計(如圖 3-7)等多種功能，可幫助設計者建置 3D 遊戲版「貓島歷險記」之地理環境、人物佈置、故事背景及角色對話等設計。

場景設計提供地理環境與人物佈置等設計功能

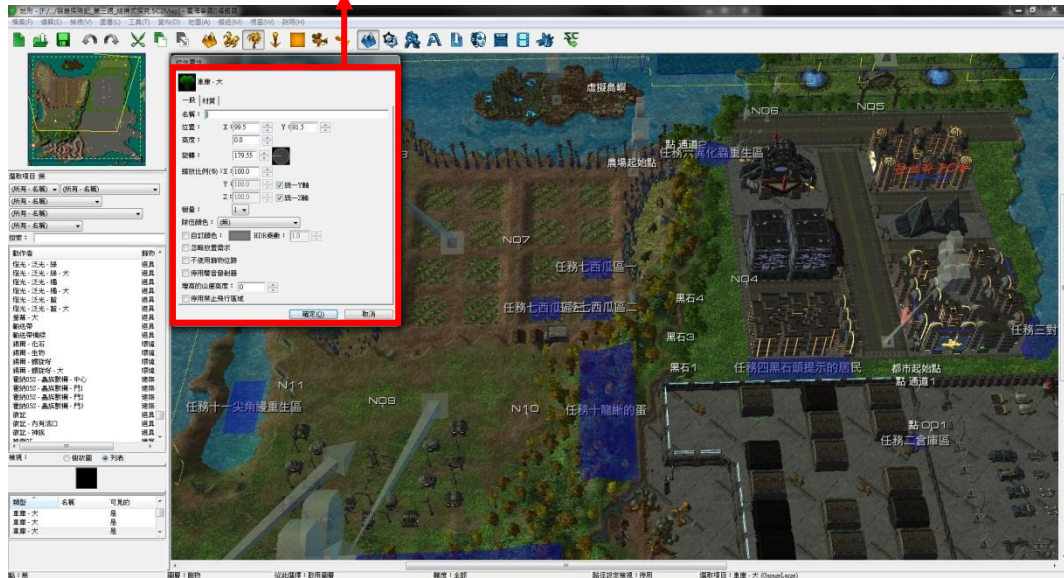


圖 3-6 星海爭霸 II 地圖編輯器之場景設計介面圖

遊戲事件設計提供故事背景與角色對話等設計功能

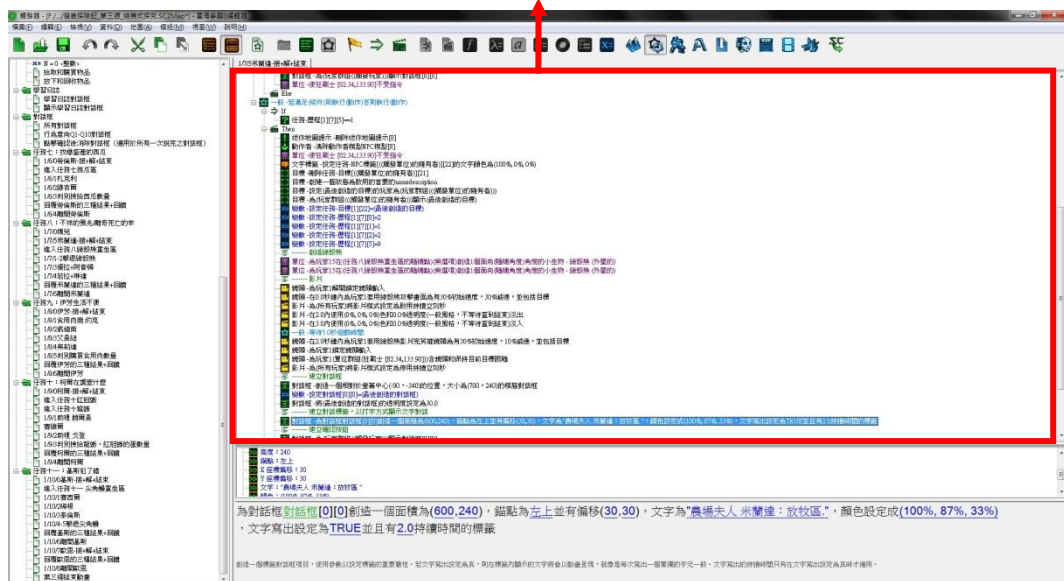


圖 3-7 星海爭霸 II 地圖編輯器之觸發器介面圖

(二) 遊戲規則

本研究 3D 遊戲教材之遊戲規則包含遊戲程序、人物設定和任務設定三個向度，其遊戲規則說明如表 3-3 所示。

表 3-3 3D 遊戲教材之遊戲規則說明

遊戲場景	
遊戲程序	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者需扮演遊戲中的角色在港口、都市、農場和村莊四個場景中進行探究並解決任務。 ● 學習者解決四個場景中所有任務及重劃區的總結性學習任務後，即完成 5E 遊戲學習活動。
人物設定	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者需檢視生命值與技能值，以確認遊戲角色的狀態。 ● 當生命值歸零時，即表示角色死亡，遊戲需重新開始。 ● 當經驗值累積到一定程度時，可提升遊戲角色的等級。 ● 遊戲角色的等級越高，生命值、技能值與攻擊力也隨之提升。
任務設定	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者需接受有黃色姓名標誌 NPC 的任務請求。 ● 學習者可於任務視窗中檢視已接收之任務及相關說明。 ● 學習者在解決任務的過程中，遊戲介面會呈現任務提示。 ● 學習者完成任務後可獲得經驗值，並需向有紅色姓名標誌的 NPC 回覆結果。 ● 若回覆結果選擇錯誤，則學習者需再次跟關鍵人物進行對話及回覆。

(三) 學習互動機制

本研究 3D 遊戲教材之學習互動機制詳列如下：

1. 學習者必須與 NPC 對話來瞭解外來種生物的定義及成因(偷渡、原生棲地改變、娛樂觀賞、農業活動引入、貿易進口)。
2. 學習者必須觀察故事的發展以理解外來種生物可能會對人類、社會和環境造成不同的影響(疾病傳染、掠食、競爭與排擠、生態系統改變)。
3. 學習者必須選擇所欲回覆 NPC 的內容來幫助自己解釋習得的知識。
4. 學習者透過思考遊戲給予的回饋或提示進行反思或尋找正確的答案，進而理解應如何防治和抑制外來入侵種生物。
5. 學習者透過檢視任務視窗中條列的任務，判斷自己是否有達到學習目標。
6. 學習者透過學習日誌複習已習得的外來種生物概念。

(四) 學習活動歷程

在遊戲的歷程中，學習者必須解決所有任務才能完成遊戲，每個學習任務皆以 5E 學習環為架構，透過投入、探索、解釋與精緻化四個階段進行知識建構，

當接受到任務時，會促使學習者投入扮演遊戲角色(如圖 3-8)，並藉由探究的方式尋求解決任務的方法(如圖 3-9)，過程中學習者必須與 NPC 對話來瞭解外來種生物的定義及成因(偷渡、原生棲地改變、娛樂觀賞、農業活動引入、貿易進口)，以及從故事的發展知道外來種生物可能會對人類、社會和環境造成不同的影響(疾病傳染、掠食、競爭與排擠、生態系統改變)，回報完成任務之前，學習者必須選擇所欲回覆 NPC 的內容來幫助自己解釋習得的知識(如圖 3-10)，學習者選擇所欲回覆的內容後，會獲得回饋或提示以促使學習者進行反思(如圖 3-11)，進而理解應如何防治和抑制外來入侵種生物，並可透過任務視窗中條列的任務，來檢視自己是否有達到學習目標，所有學習任務完成後進行總結性學習任務(如圖 3-12)，以評量學習者對於完成外來種生物概念學習活動後對外來種生物的行為意向。



圖 3-8 投入：學習者透過接受任務，進而有效投入扮演遊戲角色



圖 3-9 探索：學習者透過與 NPC 對話及觀察故事情節發展等方式尋找解決任務的方法



圖 3-10 解釋：學習者透過選擇回覆 NPC 的內容來幫助自己解釋習得的知識



圖 3-11 精緻化：選擇所欲回覆的內容後，學習者會獲得回饋或提示使其進行反思



圖 3-12 評量：總結性學習任務以情境題及各種行為反應選項之得分評量學習者對於完成外來種生物概念學習活動後對外來種生物的行為意向

二、2D遊戲教材

以下針對2D遊戲教材之設計工具、遊戲規則、學習互動機制，以及學習活動歷程分別進行說明。

(一) 設計工具

本研究之2D遊戲教材的設計發展工具採用 Adobe Flash professional CS5 軟體，用以建置「貓島歷險記」之2D 遊戲學習環境，讓學習者在較少的聲光效果與低互動程度下進行5E 遊戲學習活動。Adobe Flash professional CS5 軟體提供畫面設計(如圖 3-13)與動作設計(如圖 3-14)等多種功能，可幫助設計者建置2D 遊戲版「貓島歷險記」之遊戲場景、人物佈置、串聯元件與按鈕式互動等設計。

畫面設計提供遊戲場景與人物佈置等設計功能

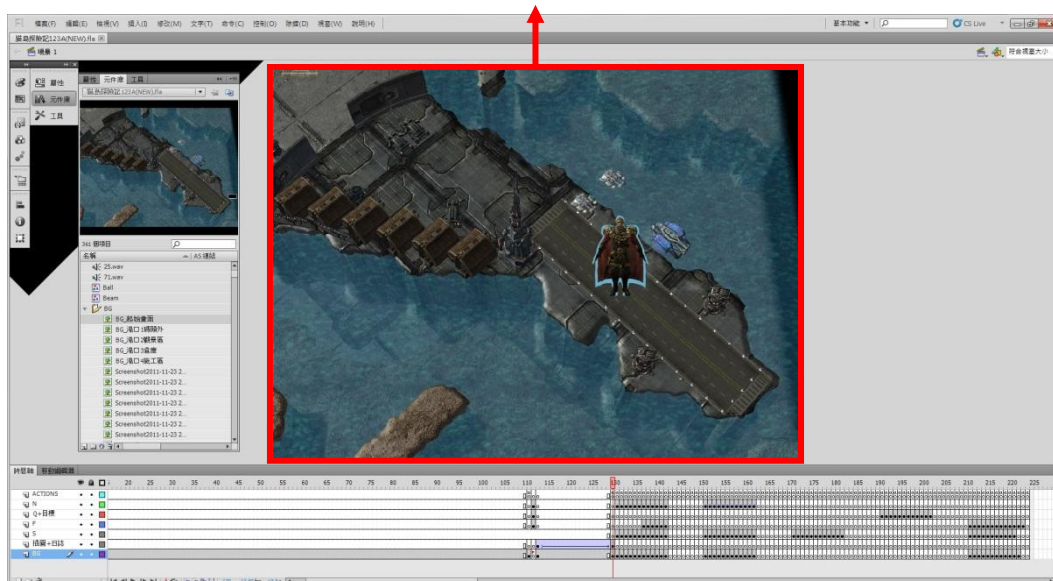


圖 3-13 Adobe Flash professional CS5 軟體之畫面設計介面圖

動作設計提供串聯元件與按鈕式互動等設計功能

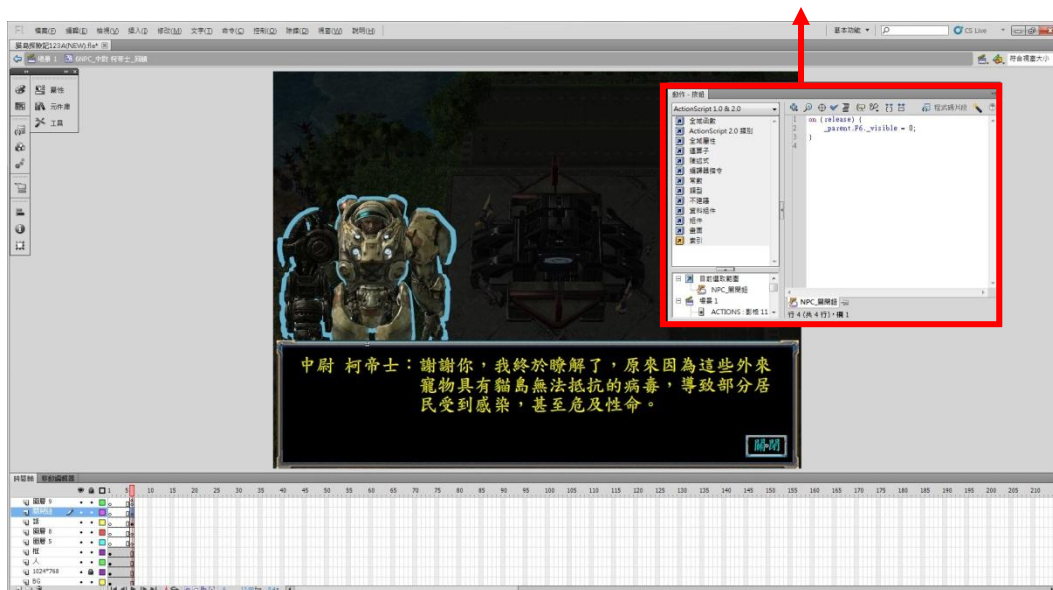


圖 3-14 Adobe Flash professional CS5 軟體之動作設計介面圖

(二) 遊戲規則

本研究2D遊戲教材之遊戲規則包含遊戲程序和任務設定三個向度，其遊戲規則說明如表3-4所示。

表 3-4 2D 遊戲教材之遊戲規則說明

遊戲場景	
遊戲程序	<ul style="list-style-type: none">● 學習者需協助解決港口、都市、農場和村莊四個場景中所有人物的問題。● 學習者解決總結性學習任務後，即完成 5E 遊戲學習活動。
任務設定	<ul style="list-style-type: none">● 學習者需仔細閱讀故事背景及人物請求並針對問題進行探究。● 學習者需探究居民的對話並歸納問題的答案。● 回覆答案時，學習者需依據自我判斷選擇適宜的選項。● 若回覆結果選擇錯誤，則學習者需再次跟關鍵人物進行對話及回覆。

(三) 學習互動機制

本研究2D遊戲教材之學習互動機制詳列如下：

1. 學習者必須歸納居民的對話來瞭解外來種生物的定義及成因(偷渡、原生棲地改變、娛樂觀賞、農業活動引入、貿易進口)。
2. 學習者必須觀察故事的發展以理解外來種生物可能會對人類、社會和環境造成不同的影響(疾病傳染、掠食、競爭與排擠、生態系統改變)。
3. 學習者必須選擇適宜的答案來幫助自己解釋所習得的知識是否正確。
4. 學習者透過思考遊戲給予的回饋或提示進行反思或尋找正確的答案，進而理解應如何防治和抑制外來入侵種生物。
5. 學習者透過學習日誌複習已習得的外來種生物概念。

(四) 學習活動歷程

學習者必須解決所有任務才能完成遊戲，每個學習任務皆以5E學習環為架構，透過投入、探索、解釋與精緻化四個階段進行知識建構。一開始學習者須透過閱讀故事背景及人物請求，進而有效投入故事角色(如圖3-15)，並藉由探究居民的對話歸納問題的答案(如圖3-16)，接著透過選擇適宜的答案來確認所習得的知識是否正確(如圖3-17)，選擇答案後，遊戲會給予回饋或提示使其協助重新探究或

進行反思(如圖3-18) ，所有學習任務完成後進行總結性學習任務(如圖3-19) ，以評量學習者對於完成外來種生物概念學習活動後對外來種生物的行為意向。

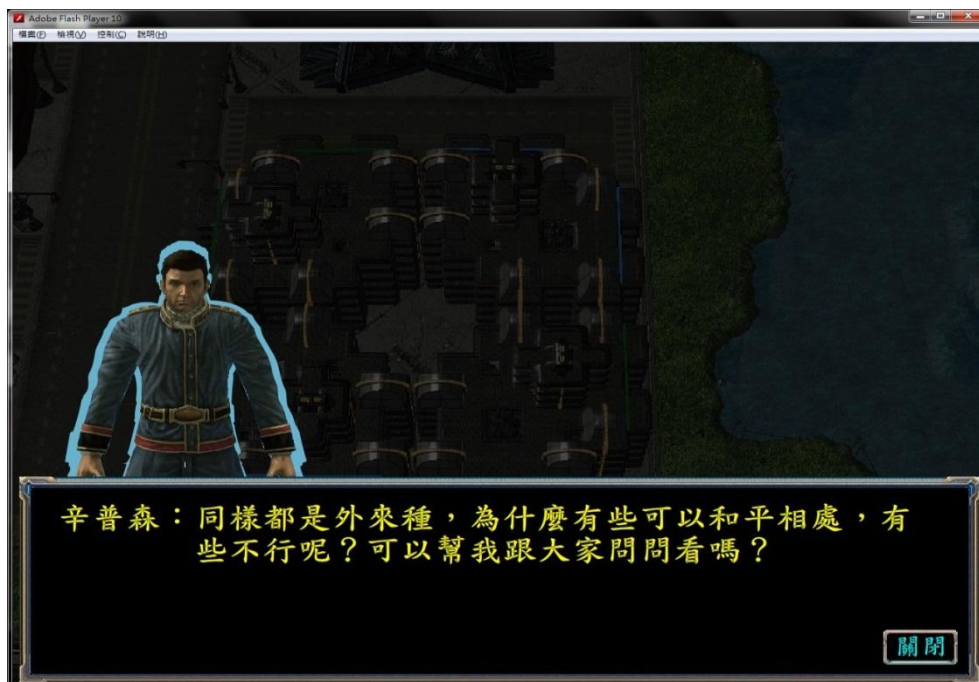


圖 3-15 投入：學習者接受人物請求協助，進而有效投入故事角色



圖 3-16 探索：學習者藉由探索居民的對話歸納問題的答案

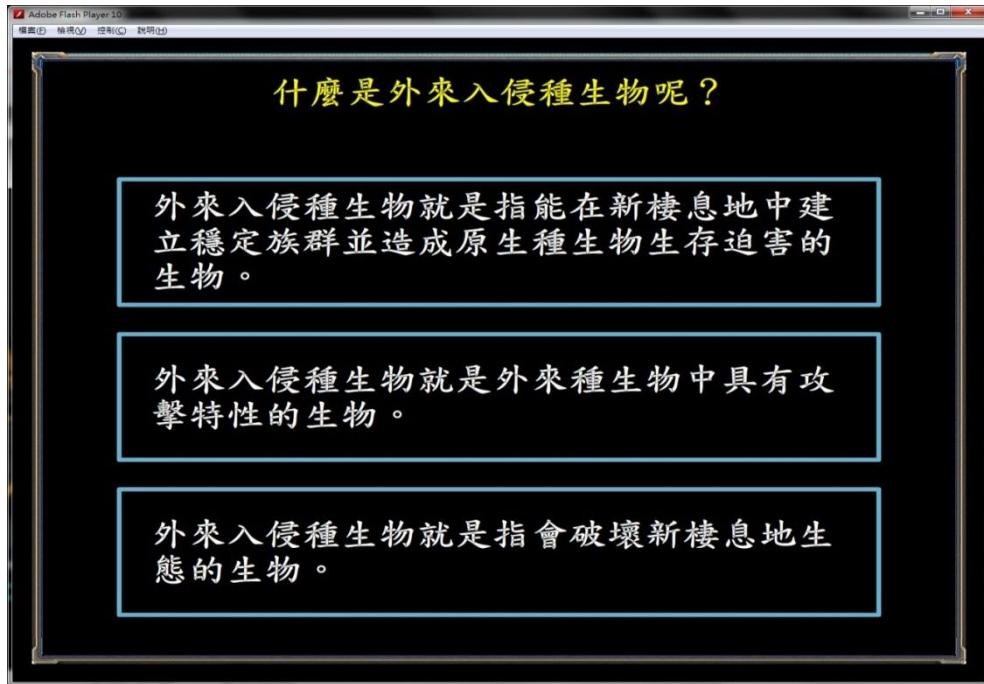


圖 3-17 解釋：學習者透過選擇適宜的答案來幫助自己解釋所習得的知識



圖 3-18 精緻化：選擇答案後，遊戲會給予回饋或提示協助學習者重新探究或進行反思

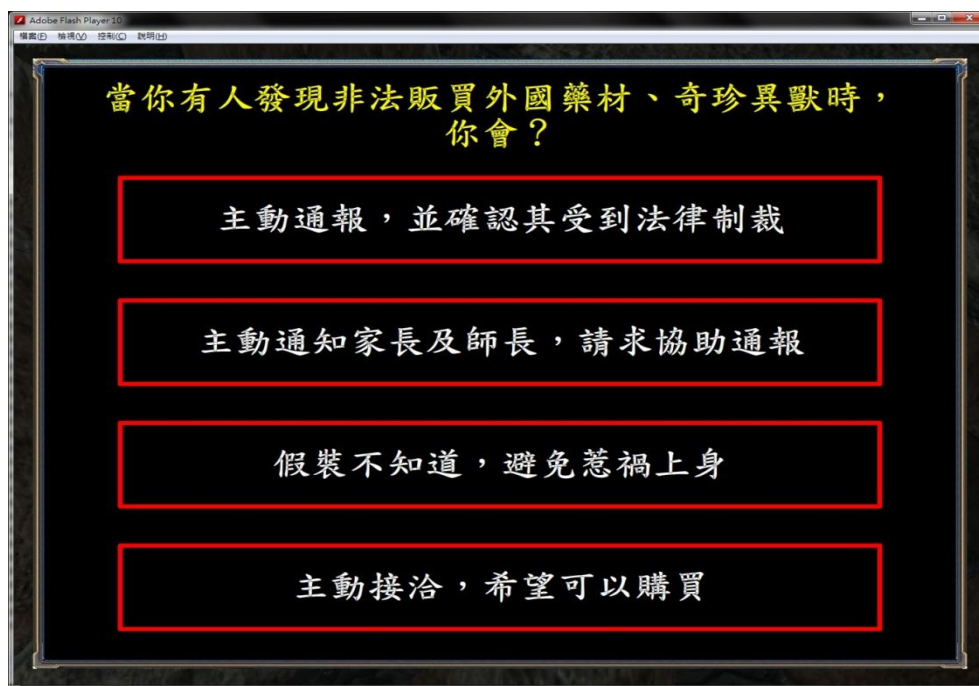


圖 3-19 評量：總結性學習任務以情境題及各種行為反應選項之得分評量學習者對於完成外來種生物概念學習活動後對外來種生物的行為意向

三、3D遊戲教材與2D遊戲教材之異同

本研究3D遊戲教材與2D遊戲教材依據學習任務與遊戲環境之涵蓋向度進行比較，其異同比較說明如表3-5所示。

表 3-5 3D 遊戲教材與 2D 遊戲教材之異同比較

	教材涵蓋向度	異同	3D 遊戲教材	2D 遊戲教材
學習任務	任務內容	相同	外來種生物概念之定義、成因、影響與防治方法	外來種生物概念之定義、成因、影響與防治方法
	5E 學習環活動歷程	相同	藉由投入、探索、解釋及精緻化歷程完成學習任務，最後進行總結性評量	藉由投入、探索、解釋及精緻化歷程完成學習任務，最後進行總結性評量
	學習日誌	相同	提供學習者複習已習得知識之功能	提供學習者複習已習得知識之功能
遊戲環境	遊戲畫面	相異	3D 畫面，模擬真實環境	2D 畫面，無立體成像感
	操控遊戲角色移動	相異	學習者可控制遊戲角色，使其移動前進	學習者僅能在畫面中點選人物按鈕
	過場動畫	相異	有，於開頭、特殊事件於結尾時呈現	無
	互動特效	相異	有，於特殊事件時呈現	無
	特殊音效	相異	有，於特殊事件時呈現	無

第四節 研究工具

本研究旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者外來種生物概念的學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。本研究所使用之研究工具有五項，分別為學習型態量表、外來種生物概念先備知識測驗、外來種生物概念行為意向量表、外來種生物概念學習成效測驗，以及自然與生活科技領域與科技學習態度量表。以下分別就研究工具實施之前後順序進行說明。

壹、學習型態量表

學習型態量表主要目的在於鑑別學習者在進行資訊處理時，其認知處理、思考反應與問題解決之個別差異。本量表改編自More (1993)學習型態量表，分成「嘗試型學習型態」、「反思型學習型態」兩個向度，「嘗試型學習型態」是指學習者在進行學習活動時，偏好快速反應，並期望在學習歷程中獲得回饋；「反思型學習型態」則是指學習者在解決學習活動中遇到問題時，先仔細思考整體性後才回應，亦較少依賴外部回饋。量表內容如附錄一，共8題，每個向度4題。分數評量採用李克特5點量表，永遠如此為5分、經常如此為4分、有時如此為3分、很少如此為2分、幾乎不曾為1分。學習型態量表中的嘗試型學習型態向度總分減反思型學習型態向度總分之得分遞減排序，其得分位於所有學習者的前40%，列為「嘗試型學習型態」；得分位於所有學習者的後40%，列為「反思型學習型態」。量表整體信度為Cronbach's $\alpha = .647$ ，各向度之題號分配與內部一致性係數如表3-6所示：

表 3-6 學習型態量表之量表內容向度、題數分配及內部一致性係數

量表內容向度	題目編號	題數	Cronbach's α
嘗試型學習型態	1, 3, 5, 7	4	.437
反思型學習型態	2, 4, 6, 8	4	.634
整體		8	.647

貳、外來種生物概念先備知識測驗

外來種生物概念先備知識測驗主要目的在於檢視學習者進行5E遊戲學習活動前對外來種生物概念的認知程度。本測驗依據外來種生物概念課程的學習目標，並參考黃靜儀(2008)之國小五年級學童外來種生物知識量表加以彙編修改而成，包括「外來種生物的定義」、「外來種生物產生的原因」、「外來種生物造成的影響」及「外來入侵種生物的防治與抑制」四個向度；測驗向度分為知識理解和知識應用兩部分，「知識理解」是指學習者能記憶及解釋外來種生物概念的理解能力；「知識應用」是指學習者能將外來種生物概念應用於不同問題情境中的認知能力。本測驗的試題內容如附錄二，共16題，每個向度8題，包含13題選擇題、3題簡答題。答對題數為先備知識得分，得分越高者，表示學習者的外來種生物概念先備知識越高。本測驗經預試、難度、鑑別度分析進行修改，測驗整體信度為Cronbach's $\alpha = .762$ ，效度採專家效度，經專家學者及現職國小自然與生活科技領域教師審閱後修訂完成，其外來種生物概念認知測驗專家意見統整如附錄三，各向度之題號分配與內部一致性係數如表3-7所示：

表 3-7 外來種生物概念先備知識測驗之測驗內容向度、題數分配及內部一致性係數

測驗內容向度	題目編號	題數	Cronbach's α
知識理解	1, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 16	8	.518
知識應用	2, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15	8	.664
整體		16	.762

參、外來種生物概念行為意向量表

外來種生物概念行為意向量表主要目的在於評量學習者在進行5E遊戲學習活動後，面對有關外來種生物的相關問題時，未來可能採取行動之傾向。本量表改編自黃靜儀(2008)之國小五年級學童對外來種生物的行為意向量表，分成「生態管理行為意向」、「宣導行為意向」和「防治行為意向」三個向度。「生態管理行為意向」是指能主動收集外來種生物相關資料，以及瞭解校園和生活環境中的外來種生物問題的行為意向；「宣導行為意向」是指能勸告他人或宣導外來種生物會破壞生態平衡的行為意向；「防治行為意向」是指能以實際行為拒絕和避

免外來種入侵生物的行為意向。量表內容如附錄四，共10題，其中生態管理行為意向4題、宣導行為意向與防治行為意向各為3題。分數評量採用李克特4點量表，依據選項敘述之差異分為「積極正向」到「消極負向」，其計分方式亦分為4分、3分、2分、1分，各向度平均分數越高表示學習者對該向度抱持較高的行為意向。量表整體信度為Cronbach's $\alpha = .732$ ，各向度之題號分配與內部一致性係數如表3-8所示：

表 3-8 外來種生物概念行為意向量表之量表內容向度、題數分配及內部一致性係數

測驗內容向度	題目編號	題數	Cronbach's α
生態管理行為意向	1, 2, 3, 4	4	.448
宣導行為意向	5, 6, 7	3	.526
防治行為意向	8, 9, 10	3	.634
整體		10	.732

肆、外來種生物概念學習成效測驗

外來種生物概念學習成效測驗主要目的在於檢視學習者進行5E遊戲學習活動後對外來種生物概念的理解與應用。本測驗的試題內容如附錄五，共16題，每個向度8題，包含13題選擇題、3題簡答題。測驗內容與外來種生物概念先備知識測驗相同，但題目和選項的敘述稍做改變。答對題數為先備知識得分，得分越高者，表示學習者的外來種生物概念先備知識越高。測驗整體信度為Cronbach's $\alpha = .851$ ，效度採專家效度，經專家學者及現職國小自然與生活科技領域教師審閱後修訂完成，各向度之題號分配與內部一致性係數如表3-9所示：

表 3-9 外來種生物概念學習成效測驗之測驗內容向度、題數分配及內部一致性係數

測驗內容向度	題目編號	題數	Cronbach's α
知識理解	1, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 16	8	.610
知識應用	2, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15	8	.759
整體		16	.858

伍、自然與生活科技領域與科技學習態度量表

自然與生活科技領域與科技學習態度量表目的在瞭解學習者進行5E遊戲學習活動後，對於學習自然與生活科技領域課程，以及利用遊戲式數位學習進行外來種生物概念課程的看法與感受。本量表引用自Pierce、Stacey與Barkatsas (2007)之數學與科技態度量表(MTAS)與阮惠嵐(2008)之數位遊戲學習態度量表加以彙編修改而成，分為「自然學習信心」、「自然學習行為投入」、「自然學習情感投入」、「科技使用信心」、「科技使用學習動機」、「科技使用學習幫助度」與「科技使用學習滿意度」七個向度。「自然學習信心」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於自然與生活科技領域課程的學習信心程度；「自然學習行為投入」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於自然與生活科技領域課程的行為投入程度；「自然學習情感投入」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於自然與生活科技領域課程的情感投入程度；「科技使用信心」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用資訊科技產品的信心程度；「科技使用學習動機」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用遊戲式數位學習方式進行外來種生物概念課程的學習興趣與學習意願；「科技使用學習幫助度」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用遊戲式數位學習方式進行外來種生物概念課程的幫助程度；「科技使用學習滿意度」是指學習者完成5E遊戲學習活動後，對於使用遊戲式數位學習方式進行外來種生物概念課程的滿意程度。量表內容如附錄六，共21題，每個向度3題。分數評量採用李克特5點量表，非常同意為5分、同意為4分、部分同意為3分、不同意為2分、非常不同意為1分，各向度平均分數越高表示學習者對該向度抱持較高的學習態度。量表整體信度為Cronbach's $\alpha = .896$ ，各向度之題號分配與內部一致性係數如表3-10所示：

表 3-10 自然與生活科技領域與科技學習態度量表之量表內容向度、題數分配及內部一致性係數

測驗內容向度	題目編號	題數	Cronbach's α
自然學習信心	1, 2, 3	3	.733
自然學習行為投入	4, 5, 6	3	.611
自然學習情感投入	7, 8, 9	3	.667
科技使用信心	10, 11, 12	3	.812
科技使用學習動機	13, 14, 15	3	.729
科技使用學習幫助度	16, 17, 18	3	.798
科技使用學習滿意度	19, 20, 21	3	.851
整體		21	.896

第五節 資料分析

本研究將所收集之實驗數據，以SPSS 19.0統計軟體分別進行「外來種生物概念學習成效分析」、「外來種生物概念行為意向分析」及「自然與生活科技領域與科技學習態度分析」，統計分析之顯著水準值皆設為 .05，分析方法詳述如下：

壹、外來種生物概念學習成效分析

外來種生物概念學習成效分析採多變量共變數分析(MANCOVA)，為排除先備知識對教學實驗之影響，將外來種生物概念先備知識表現作為共變項，探索學習模式、5E遊戲學習活動及學習型態為自變項，外來種生物概念學習成效表現為依變項，針對學習成效之「知識理解」及「知識應用」進行分析。外來種生物概念學習成效分析流程如圖3-20所示。

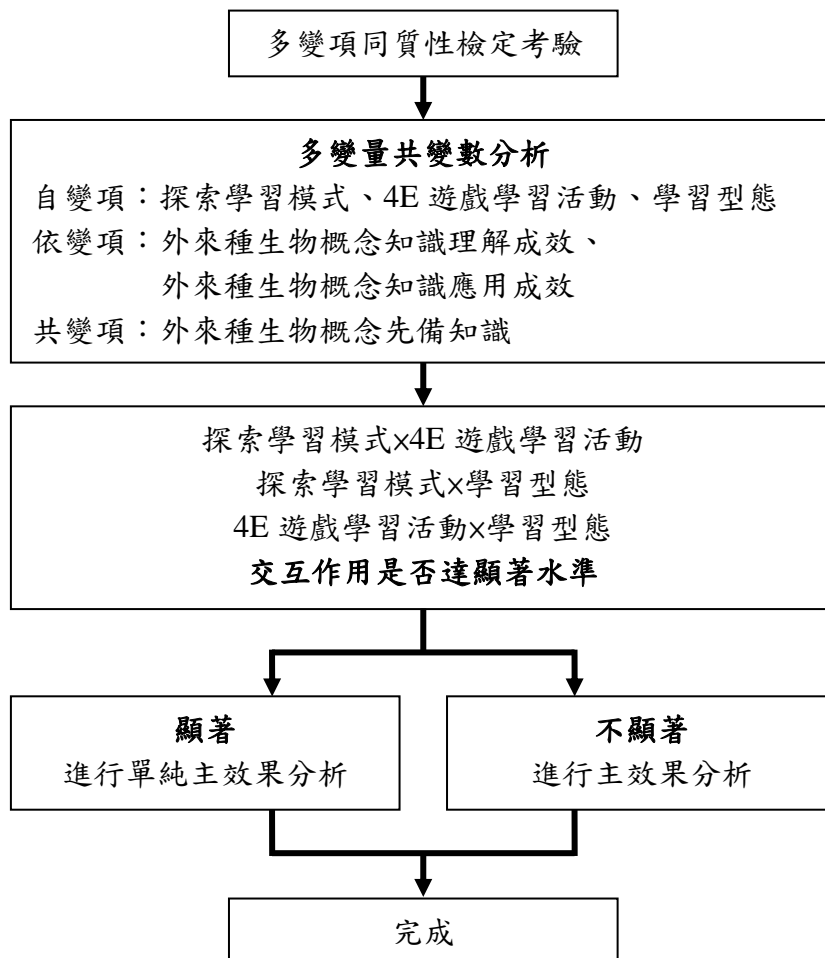


圖 3-20 外來種生物概念學習成效分析流程圖

首先進行多變項同質性檢定考驗，本研究採常用之檢定 Box's M 考驗，用於考驗依變項間母群變異量是否相似。若符合變異數同質性的基本假定，則可進行多變量共變數分析，並觀察 Wilks' Lambda 值(吳明隆、徐金堂，2005)；若違反變異數同質性的基本假定，且各組樣本人數差距不大，亦可進行多變量共變數分析，並觀察 Pillai's Trace 值(Tabachnick & Fidell, 2006)；若違反變異數同質性的基本假定，且各組樣本人數差距很大，則資料分析時最好進行校正工作(吳明隆、徐金堂，2005)。接著進行多變量共變數分析，確認探索學習模式、5E 遊戲學習活動及學習型態三自變項之交互作用是否達顯著水準，若交互作用達顯著水準，則分別進行單純主效果分析；若交互作用未達顯著水準，則進行主效果分析，判斷探索學習模式、5E 遊戲學習活動及學習型態之主效果對外來種生物概念知識理解和知識應用成效表現是否有影響。

貳、外來種生物概念行為意向分析

外來種生物概念行為意向分析採多變量共變數分析(MANCOVA)，為排除先備知識對教學實驗之影響，將外來種生物概念先備知識測驗表現作為共變項，探索學習模式、5E遊戲學習活動及學習型態為自變項，外來種生物概念行為意向表現為依變項，針對行為意向之「生態管理行為意向」、「宣導行為意向」及「防治行為意向」進行分析。外來種生物概念行為意向分析流程如圖3-21所示。

首先進行多變項同質性檢定考驗，本研究採常用之檢定 Box's M 考驗，用於考驗依變項間母群變異量是否相似。若符合變異數同質性的基本假定，則可進行多變量共變數分析，並觀察 Wilks' Lambda 值(吳明隆、徐金堂，2005)；若違反變異數同質性的基本假定，且各組樣本人數差距不大，亦可進行多變量共變數分析，並觀察 Pillai's Trace 值(Tabachnick & Fidell, 2006)；若違反變異數同質性的基本假定，且各組樣本人數差距很大，則資料分析時最好進行校正工作(吳明隆、徐金堂，2005)。接著進行多變量共變數分析，確認探索學習模式、5E 遊戲學習活動及學習型態三自變項之交互作用是否達顯著水準，若交互作用達顯著水準，則分別進行單純主效果分析；若交互作用未達顯著水準，則進行主效果分析，判斷探索學

習模式、5E 遊戲學習活動及學習型態之主效果對外來種生物概念生態管理行為、宣導行為及防治行為意向表現是否有影響。

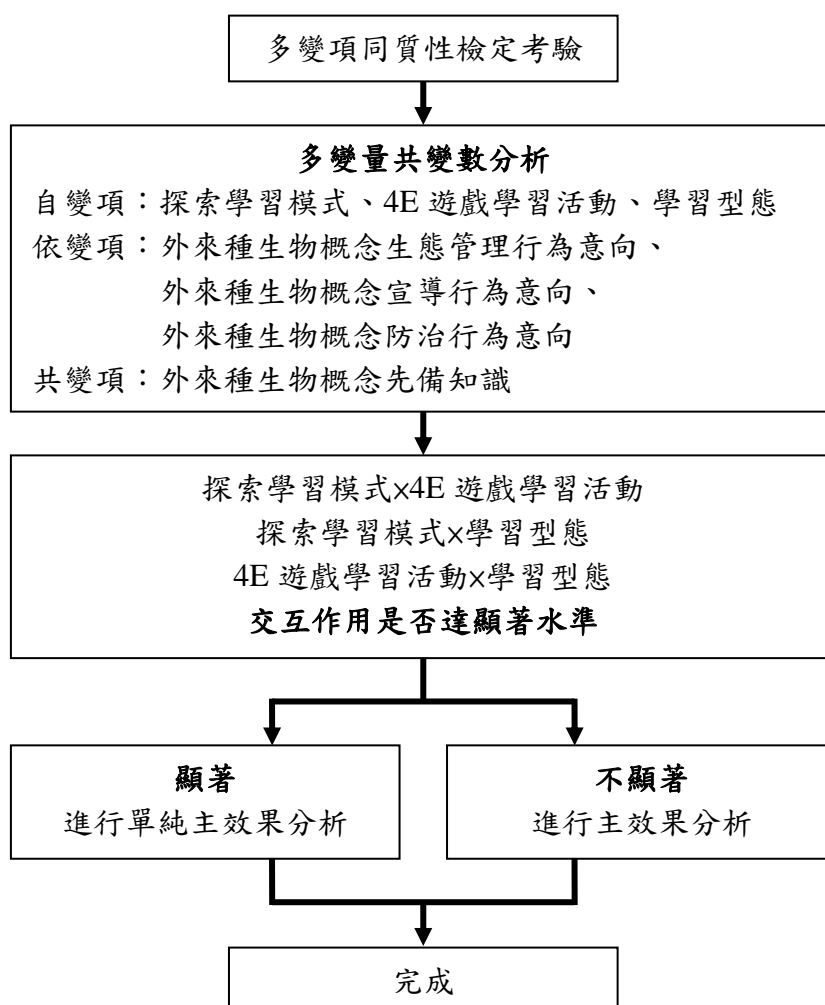


圖 3-21 外來種生物概念學習成效分析流程圖

參、自然與生活科技領域與科技學習態度分析

自然與生活科技領域與科技學習態度分析採多變量共變數分析(MANCOVA)，為排除先備知識對教學實驗之影響，將外來種生物概念先備知識測驗表現作為共變項，探索學習模式、5E遊戲學習活動及學習型態為自變項，自然與生活科技領域與科技學習態度表現為依變項，針對學習態度之「自然學習信心」、「自然學習行為投入」、「自然學習情感投入」、「科技使用信心」、「科技使用學習動機」、「科技使用學習幫助度」與「科技使用學習滿意度」進行分析。自然與生活科技領域與科技學習態度分析流程如圖3-22所示。

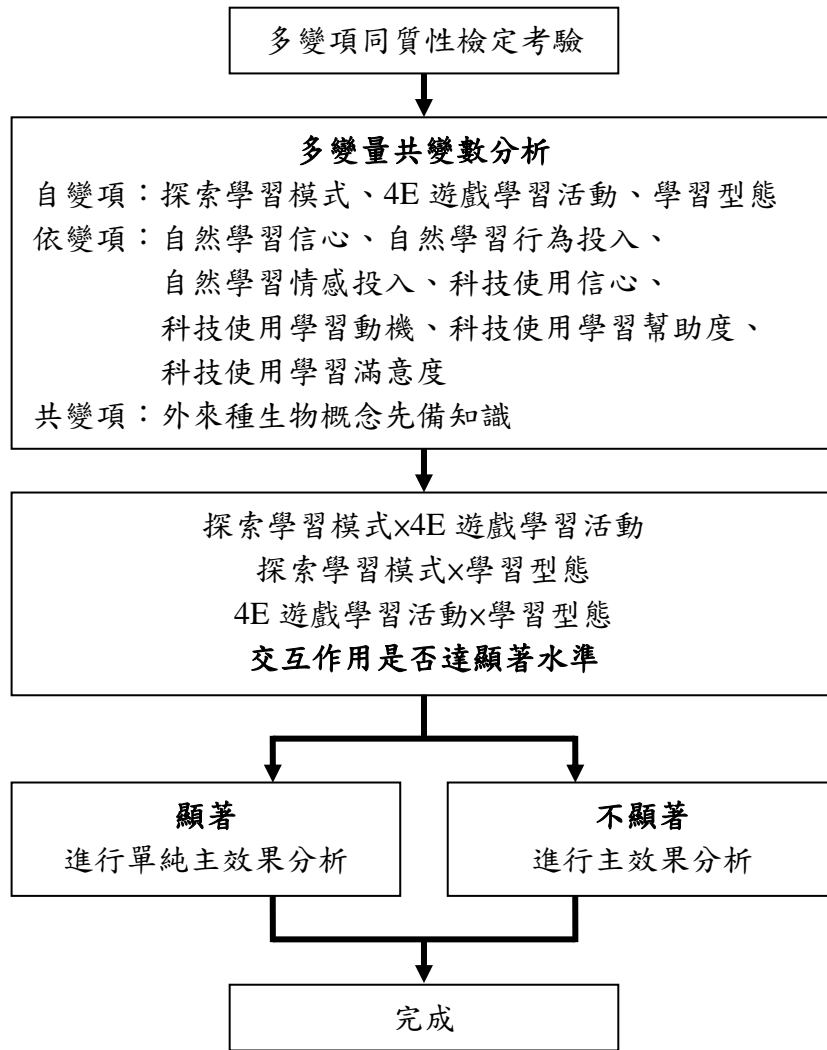


圖 3-22 外來種生物概念學習成效分析流程圖

首先進行多變項同質性檢定考驗，本研究採常用之檢定 Box's M 考驗，用於考驗依變項間母群變異量是否相似。若符合變異數同質性的基本假定，則可進行多變量共變數分析，並觀察 Wilks' Lambda 值(吳明隆、徐金堂，2005)；若違反變異數同質性的基本假定，且各組樣本人數差距不大，亦可進行多變量共變數分析，並觀察 Pillai's Trace 值(Tabachnick & Fidell, 2006)；若違反變異數同質性的基本假定，且各組樣本人數差距很大，則資料分析時最好進行校正工作(吳明隆、徐金堂，2005)。接著進行多變量共變數分析，確認探索學習模式、5E 遊戲學習活動及學習型態三自變項之交互作用是否達顯著水準，若交互作用達顯著水準，則分別進行單純主效果分析；若交互作用未達顯著水準，則進行主效果分析，判斷探索學

習模式、5E 遊戲學習活動及學習型態之主效果對自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助和科技使用學習滿意度表現是否有影響。

第四章 結果與討論

本研究旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者外來種生物概念的學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。本研究結果將教學實驗蒐集的資料分別進行「外來種生物概念學習成效」、「外來種生物概念行為意向」及「自然與生活科技領域與科技學習態度」的分析與探究。本研究統計分析之顯著水準皆設為 .05。

第一節 外來種生物概念學習成效分析

「外來種生物概念學習成效」主要在探討學習者透過5E遊戲學習活動學習外來種生物概念後，在外來種生物概念的知識理解與知識應用兩個向度的學習成效表現。本研究為瞭解探索學習模式整合5E遊戲學習活動與學習型態對國小高年級學習者外來種生物概念學習成效之影響，利用外來種生物概念學習成效測驗作為教學實驗後學習成效之依據，進行外來種生物概念學習成效分析。將探索學習模式(循序式探索、自主式探索)、5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)及學習型態(嘗試型、反思型)設為自變項，外來種生物概念學習成效測驗(知識理解、知識應用)設為依變項，此外，為了控制先備知識對教學實驗正確性的誤差，將外來種生物概念先備知識測驗成績設為共變項，進行多變量共變數分析(MANCOVA)，以檢視各組學習者在外來種生物概念學習成效表現的情形。經統計軟體分析處理後，分析結果說明如下：

壹、外來種生物概念學習成效之敘述統計

首先，以敘述統計初探外來種生物概念學習成效分析中的知識理解與知識應用兩個向度學習成效表現的得分情形。知識理解學習成效是指外來種生物概念學習成效測驗第1,3,4,9,10,11,12,16題的得分，總分為8分；知識應用學習成效是指外來種生物概念學習成效測驗第2,5,6,7,8,13,14,15題的得分，總分為8分。各組在知

識理解和知識應用學習成效之調整後平均數、標準差與人數如表4-1所示，有效樣本為174人。

表 4-1 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念學習成效之調整後平均數、標準差與人數

依變項	自變項			調整後 平均數	標準差	人數	
	探索學習模式	5E遊戲學習活動	學習型態				
知識理解	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	5.043	1.834	21	
			反思型	5.185	1.348	23	
		2D遊戲	嘗試型	4.695	1.431	21	
			反思型	4.809	1.622	22	
		總和			4.933	1.557	87
		自主式探索	3D遊戲	嘗試型	5.120	1.630	22
				反思型	5.788	1.538	20
			2D遊戲	嘗試型	4.551	1.711	22
	反思型			4.823	1.616	23	
	總和			5.070	1.641	87	
	總和			5.284	1.597	86	
	總和			4.719	1.604	88	
	總和			4.852	1.641	86	
	總和			5.151	1.518	88	
	總和			5.002	1.597	174	
	知識應用	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	4.518	2.098	21
反思型				4.794	1.751	23	
2D遊戲			嘗試型	4.458	1.793	21	
			反思型	5.173	1.920	22	
總和			4.736	1.939	87		
自主式探索			3D遊戲	嘗試型	4.770	1.602	22
				反思型	5.300	1.720	20
			2D遊戲	嘗試型	5.090	1.823	22
		反思型		5.390	1.469	23	
總和			5.135	1.644	87		
總和			4.983	1.825	86		
總和			5.638	1.754	88		
總和			5.097	1.846	86		
總和			4.823	1.730	88		
總和			5.069	1.804	174		

註：知識理解總分為 8 分；知識應用總分為 8 分。

在探索學習模式方面，知識理解與知識應用兩個向度中，自主式探索組的調整後平均數皆較高於循序式探索組(自主式探索組：知識理解 = 5.070、知識應用 = 5.135；循序式探索組：知識理解 = 4.933、知識應用 = 4.736)。就5E遊戲學習活動而言，3D遊戲組在知識理解的調整後平均數較高於2D遊戲組(3D遊戲組 =

5.284；2D遊戲組 = 4.719)；而2D遊戲組在知識應用的調整後平均數較高於3D遊戲組(2D遊戲組 = 5.638；3D遊戲組 = 4.983)。從學習型態來看，反思型學習型態組在知識理解的調整後平均數較高於嘗試型學習型態組(反思型學習型態組 = 5.151；嘗試型學習型態組 = 4.852)；而嘗試型學習型態組在知識應用的調整後平均數較高於反思型學習型態組(嘗試型學習型態組 = 5.097；反思型學習型態組 = 4.823)。

貳、外來種生物概念學習成效之多變量共變數分析

本研究採多變量共變數分析，以進一步瞭解探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態各組在外來種生物概念知識理解及知識應用學習成效的調整後平均數之主效果及交互作用情形。表 4-2 為共變量矩陣等式的 Box 檢定，考驗結果未達顯著水準($F = .501$ ， $p = .971$)，顯示各組間無顯著差異存在，故符合多變項變異數同質性之基本假設。

表 4-2 外來種生物概念學習成效之共變量矩陣等式的 Box 檢定

Box's M	F	df1	df2	顯著性
10.945	.501	21	96714.624	.971

接著進行多變量共變數分析，結果如表 4-3 所示。就交互作用而言，探索學習模式×5E 遊戲學習活動、探索學習模式×學習型態與 5E 遊戲學習活動×學習型態對外來種生物概念知識理解學習成效表現皆未達顯著水準，顯示利用迴歸方式將先備知識所造成的變異加以排除後，探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態三因子同時對外來種生物概念知識理解及知識應用學習成效兩個向度無交互作用。

就主效果而言，5E 遊戲學習活動在外來種生物概念知識理解學習成效表現達顯著水準($F_{(1,165)} = 6.914$ ， $p = .009$)，表示 3D 遊戲組的學習者(mean = 5.284)在外來種生物概念知識理解學習成效表現顯著優於 2D 遊戲組的學習者(mean = 4.719)；而探索學習模式和學習型態的主要效果皆未達顯著水準，表示循序式探索組與自

自主式探索組，以及嘗試型學習型態組與反思型學習型態組在知識理解與知識應用學習成效表現皆沒有顯著差異。

另外，由學習成效之多變量共變數分析摘要得知，作為共變數的先備知識在外來種生物概念知識理解與知識應用學習成效表現亦達顯著水準($F_{(1,165)} = 72.945$, $p < .001$ 、 $F_{(1,165)} = 54.004$, $p < .001$)，表示先備知識的高低對於學習者進行外來種生物概念學習課程之知識理解與知識應用學習成效表現有顯著影響。

表 4-3 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念知識理解與知識應用學習成效之多變量共變數分析摘要

變異來源	學習成效 向度	型 III 平方和	df	平均 平方和	F	顯著性
先備知識	知識理解	129.727	1	129.727	72.945	.000
	知識應用	129.356	1	129.356	54.004	.000
探索學習模式	知識理解	.818	1	.818	.460	.499
	知識應用	6.926	1	6.926	2.892	.091
5E遊戲學習活動	知識理解	12.296	1	12.296	6.914	.009
	知識應用	.352	1	.352	.147	.702
學習型態	知識理解	3.818	1	3.818	2.147	.145
	知識應用	5.028	1	5.028	2.099	.149
探索學習模式× 5E遊戲學習活動	知識理解	1.781	1	1.781	1.001	.318
	知識應用	2.818	1	2.818	1.177	.280
探索學習模式× 學習型態	知識理解	1.269	1	1.269	.714	.399
	知識應用	1.008	1	1.008	.421	.518
5E遊戲學習活動× 學習型態	知識理解	.489	1	.489	.275	.601
	知識應用	.642	1	.642	.268	.605
誤差	知識理解	293.437	165	1.778		
	知識應用	395.223	165	2.395		

* $p < .05$

整體而言，本研究外來種生物概念學習成效之分析結果摘要如表 4-4 所示。探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態分組皆無交互作用；就主效果而言，探索學習模式在知識理解與知識應用皆未達顯著水準，顯示循序式探索組的學習者在外來種生物概念之知識理解與知識應用學習成效表現，與自主式探索組的學習者皆無顯著差異。推測其可能原因為循序式探索組與自主式探索組皆提供學習者多個外來種生物概念的 5E 學習任務，因此學習者都能在此兩種策略中有效理解及應用外來種生物概念，使得學習者在知識理解與知識應用上皆顯示相近的成效表現。

其次，5E 遊戲學習活動在知識理解達顯著水準，顯示 3D 遊戲組的學習者在外來種生物概念之知識理解學習成效表現優於 2D 遊戲組的學習者；5E 遊戲學習活動在兩組的知識應用學習成效表現上，則無顯著差異。推測其可能原因為 3D 遊戲中的虛擬環境透過視覺及聽覺效果的包裝，有效影響學習者對學習任務的投入與情感反應，促使其沉浸於學習活動中，投入扮演遊戲角色，進而幫助學習者有效理解學習任務中的遊戲事件與內容概念；此外，由於學習者年齡介於 11~12 歲間，因此在缺乏較多感官刺激的 2D 遊戲中，可能較無法長時間持續專注於學習歷程上。而在外來種生物概念之知識應用層面，主要內涵為外來種生物概念之知識應用與分析，對學習者而言難度較高，需要花費更多的時間學習及思考，因此學習者在兩種教學策略下的知識應學習表現沒有顯著差異。

此外，學習型態在知識理解與知識應用皆未達顯著水準，顯示嘗試型學習型態的學習者在外來種生物概念之知識理解與知識應用學習成效表現，與反思型學習型態的學習者皆無顯著差異。推測其可能原因為嘗試型學習型態與反思型學習型態的學習者皆須透過投入、探究、解釋、精緻化等四階段完成 5E 遊戲學習活動中的多個學習任務，由於在探索過程中必須不斷嘗試，並反思其在遊戲中所獲得的回饋，因此皆能幫助學習者正確學習外來種生物之相關概念與應用方式。

表 4-4 外來種生物概念學習成效分析結果摘要

外來種生物概念 學習表現	交互作用	主效果		研究結果
知識理解	不顯著	不顯著	探索學習模式	循序式探索=自主式探索
		顯著	5E遊戲學習活動	3D遊戲>2D遊戲
		不顯著	學習型態	嘗試型=反思型
知識應用	不顯著	不顯著	探索學習模式	循序式探索=自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動	3D遊戲=2D遊戲
		不顯著	學習型態	嘗試型=反思型

第二節 外來種生物概念行為意向分析

「外來種生物概念行為意向」主要在探討學習者透過5E遊戲學習活動學習外來種生物概念後，在外來種生物概念的生態管理行為、宣導行為與防治行為三個向度的行為意向表現。本研究為瞭解探索學習模式整合5E遊戲學習活動與學習型態對國小高年級學習者外來種生物概念行為意向之影響，利用總結性學習任務-外來種生物概念行為意向量表作為教學實驗後行為意向之依據，進行外來種生物概念行為意向分析。將探索學習模式(循序式探索、自主式探索)、5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)及學習型態(嘗試型、反思型)設為自變項，外來種生物概念行為意向(生態管理行為、宣導行為、防治行為)設為依變項，此外，為了控制先備知識對教學實驗正確性的誤差，將外來種生物概念先備知識測驗成績設為共變項，進行多變量共變數分析(MANCOVA)，以檢視各組學習者在外來種生物概念行為意向表現的情形。經統計軟體分析處理後，分析結果說明如下：

壹、外來種生物概念行為意向之敘述統計

首先，以敘述統計初探外來種生物概念行為意向分析中的生態管理行為、宣導行為與防治行為三個向度之行為意向表現的得分情形。生態管理行為意向是指總結性學習任務-外來種生物概念行為意向量表第1-4題的平均得分；宣導行為意向是指總結性學習任務-外來種生物概念行為意向量表第5-7題的平均得分；防治行為意向是指總結性學習任務-外來種生物概念行為意向量表第8-10題的平均得分，此量表每題皆為1-4分，分數愈高代表態度愈正面。各組在生態管理行為、宣導行為和防治行為意向之調整後平均數、標準差與人數如表4-5所示，有效樣本為174人。

表 4-5 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念行為意向之調整後平均數、標準差與人數

依變項	自變項			調整後 平均數	標準差	人數
	探索學習模式	5E遊戲學習活動	學習型態			
生態管理 行為	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.689	.330	21
			反思型	3.643	.336	23
		2D遊戲	嘗試型	3.614	.302	21
			反思型	3.714	.303	22
	總和			3.665	.316	87
	自主式探索	3D遊戲	嘗試型	3.639	.315	22
			反思型	3.660	.286	20
		2D遊戲	嘗試型	3.466	.451	22
			反思型	3.582	.360	23
	總和			3.587	.361	87
	總和	3D遊戲		3.658	.313	86
				3.594	.367	88
		嘗試型		3.602	.357	86
				3.650	.322	88
		總和			3.626	.340
	宣導行為	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.634	.582
反思型				3.465	.504	23
2D遊戲			嘗試型	3.621	.487	21
			反思型	3.532	.584	22
總和			3.563	.541	87	
自主式探索		3D遊戲	嘗試型	3.446	.579	22
			反思型	3.248	.490	20
		2D遊戲	嘗試型	3.261	.572	22
			反思型	3.269	.568	23
總和			3.306	.554	87	
總和		3D遊戲		3.448	.545	86
				3.421	.571	88
		嘗試型		3.491	.569	86
				3.378	.553	88
		總和			3.435	.560
防治行為		循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.686	.385
	反思型			3.502	.448	23
	2D遊戲		嘗試型	3.616	.342	21
			反思型	3.542	.617	22
	總和			3.587	.458	87
	自主式探索	3D遊戲	嘗試型	3.497	.395	22
			反思型	3.511	.424	20
		2D遊戲	嘗試型	3.440	.637	22
			反思型	3.520	.414	23
	總和			3.492	.474	87
	總和	3D遊戲		3.549	.412	86
				3.530	.516	88
		嘗試型		3.560	.458	86
				3.519	.478	88
		總和			3.540	.467

在探索學習模式方面，生態管理行為、宣導行為與防治行為三個向度中，循序式探索組的調整後平均數皆較高於自主式探索組(循序式探索組：生態管理行為 = 3.665、宣導行為 = 3.563、防治行為 = 3.587；自主式探索組：生態管理行為 = 3.587、宣導行為 = 3.306、防治行為 = 3.492)。就5E遊戲學習活動而言，生態管理行為、宣導行為與防治行為三個向度中，3D遊戲組的調整後平均數皆較高於2D遊戲組(3D遊戲組：生態管理行為 = 3.658、宣導行為 = 3.448、防治行為 = 3.549；2D遊戲組：生態管理行為 = 3.594、宣導行為 = 3.421、防治行為 = 3.530)。從學習型態來看，反思型學習型態組在生態管理行為的調整後平均數較高於嘗試型學習型態組(反思型學習型態組 = 3.650；嘗試型學習型態組 = 3.602)；而嘗試型學習型態組在宣導行為與防治行為的調整後平均數較高於反思型學習型態組(嘗試型學習型態組：宣導行為 = 3.491、防治行為 = 3.560；反思型學習型態組：宣導行為 = 3.378、防治行為 = 3.519)。

貳、外來種生物概念行為意向之多變量共變數分析

本研究採多變量共變數分析，以進一步瞭解探索學習模式、5E遊戲學習活動與學習型態各組在外來種生物概念生態管理行為、宣導行為與防治行為意向的調整後平均數之主效果及交互作用情形。表4-6為共變量矩陣等式的 Box 檢定，考驗結果未達顯著水準($F = .881$, $p = .690$)，顯示各組間無顯著差異存在，故符合多變項變異數同質性之基本假設。

表 4-6 外來種生物概念行為意向之共變量矩陣等式的 Box 檢定

Box's M	F	df1	df2	顯著性
39.352	.881	42	44917.516	.690

接著進行多變量共變數分析，結果如表4-7所示。就交互作用而言，探索學習模式×5E遊戲學習活動、探索學習模式×學習型態與5E遊戲學習活動×學習型態對外來種生物概念生態管理行為意向、宣導行為意向及防治行為意向皆未達顯著水準，顯示利用迴歸方式將先備知識所造成的變異加以排除後，探索學習模式、5E

遊戲學習活動與學習型態三因子同時對外來種生物概念生態管理行為意向、宣導行為意向及防治行為意向三個向度無交互作用。

表 4-7 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對外來種生物概念生態管理行為、宣導行為與防治行為意向之多變量共變數分析摘要

變異來源	行為意向向度	型 III 平方和	df	平均 平方和	F	顯著性
先備知識	生態管理行為	.568	1	.568	5.018	.026
	宣導行為	7.517	1	7.517	29.231	.000
	防治行為	2.211	1	2.211	10.557	.001
探索學習模式	生態管理行為	.265	1	.265	2.345	.128
	宣導行為	2.866	1	2.866	11.146	.001
	防治行為	.391	1	.391	1.865	.174
5E遊戲學習活動	生態管理行為	.156	1	.156	1.380	.242
	宣導行為	.029	1	.029	.113	.737
	防治行為	.014	1	.014	.067	.795
學習型態	生態管理行為	.097	1	.097	.854	.357
	宣導行為	.537	1	.537	2.089	.150
	防治行為	.072	1	.072	.345	.558
探索學習模式× 5E遊戲學習活動	生態管理行為	.165	1	.165	1.459	.229
	宣導行為	.130	1	.130	.505	.478
	防治行為	.001	1	.001	.004	.951
探索學習模式× 學習型態	生態管理行為	.019	1	.019	.165	.685
	宣導行為	.013	1	.013	.051	.821
	防治行為	.337	1	.337	1.609	.206
5E遊戲學習活動× 學習型態	生態管理行為	.157	1	.157	1.389	.240
	宣導行為	.219	1	.219	.851	.358
	防治行為	.084	1	.084	.399	.529
誤差	生態管理行為	18.661	165	.113		
	宣導行為	42.432	165	.257		
	防治行為	34.550	165	.209		

* $p < .05$

就主效果而言，探索學習模式在外來種生物概念宣導行為意向達顯著水準 ($F_{(1,165)} = 11.146, p = .001$)，表示循序式探索組的學習者(mean = 3.563)在外來種生物概念宣導行為意向顯著優於自主式探索組的學習者(mean = 3.306)；而5E遊戲學習活動和學習型態的主要效果皆未達顯著水準，表示3D遊戲組與2D遊戲組，以及嘗試型學習型態組與反思型學習型態組在生態管理行為意向、宣導行為意向與防治行為意向皆沒有顯著差異。

另外，由行為意向之多變量共變數分析摘要得知，作為共變數的先備知識在外來種生物概念生態管理行為意向、宣導行為意向及防治行為意向亦達顯著水準

($F_{(1,165)} = 5.018, p = .026$ 、 $F_{(1,165)} = 29.231, p < .001$ 、 $F_{(1,165)} = 10.557, p = .001$)，表示先備知識的高低對於學習者進行外來種生物概念學習課程之生態管理行為意向、宣導行為意向及防治行為意向有顯著影響。

整體而言，本研究外來種生物概念行為意向之分析結果摘要如表 4-8 所示。探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態分組皆無交互作用；就主效果而言，探索學習模式在宣導行為意向達顯著水準，顯示循序式探索組的學習者在外來種生物概念之宣導行為意向優於自主式探索組的學習者；而探索學習模式在兩組的生態管理行為意向與防治行為意向上，則無顯著差異。推測其可能原因為循序式探索組的學習者需依序解決 5E 遊戲學習活動的學習任務，使其在循序的學習歷程中產生責任感及使命感，進而在處理相關外來種生物問題上出現宣導行為之意圖；而自主式探索組的學習者則因自主規劃 5E 遊戲學習活動的學習任務順序，因此較為著重各個學習任務的完成度，而忽略宣導行為的必要性。而在外來種生物概念之生態管理行為意向與防治行為意向層面，學習者可透過每個學習任務的事件及解決歷程瞭解並習得面對外來種生物時的正確行為，因此學習者在兩種教學策略下的生態管理行為意向與防治行為意向沒有顯著差異。

其次，5E 遊戲學習活動在生態管理行為意向、宣導行為意向與防治行為意向皆未達顯著水準，顯示 3D 遊戲組的學習者在外來種生物概念之生態管理行為意向、宣導行為意向與防治行為意向，與 2D 遊戲組的學習者皆無顯著差異。從敘述統計來看，發現兩組學習者在生態管理行為、宣導行為與防治行為上皆持有正向的行為意向，平均分數介於 3.421 到 3.658 之間(最高分 4 分)。推測其可能原因為 3D 遊戲與 2D 遊戲皆是以遊戲式數位學習進行學習任務，藉由遊戲故事情節的鋪陳，以及學習者主動探究的過程，使其能在不同情況下清楚瞭解面對外來種生物時所應具備的正確行為。

此外，學習型態在生態管理行為意向、宣導行為意向與防治行為意向皆未達顯著水準，顯示嘗試型學習型態的學習者在外來種生物概念之生態管理行為意向、宣導行為意向與防治行為意向，與反思型學習型態的學習者皆無顯著差異。由敘述統計得知，兩組學習者在生態管理行為、宣導行為與防治行為上皆持有正向的行為意向，平均分數介於 3.378 到 3.650 之間(最高分 4 分)。推測其可能原因為學

習型態的不同不會使得學習者在進行 5E 遊戲學習活動的知識獲取及行為判斷上有所差異。

表 4-8 外來種生物概念行為意向分析結果摘要

外來種生物概念 行為意向	交互作用	主效果		研究結果
生態管理 行為	不顯著	不顯著	探索學習模式	循序式探索=自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動	3D遊戲=2D遊戲
		不顯著	學習型態	嘗試型=反思型
宣導行為	不顯著	顯著	探索學習模式	循序式探索>自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動	3D遊戲=2D遊戲
		不顯著	學習型態	嘗試型=反思型
防治行為	不顯著	不顯著	探索學習模式	循序式探索=自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動	3D遊戲=2D遊戲
		不顯著	學習型態	嘗試型=反思型

第三節 自然與生活科技領域與科技學習態度分析

「自然與生活科技領域與科技學習態度」主要在探討學習者透過5E遊戲學習活動學習外來種生物概念後，在自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度與科技使用學習滿意度七個向度的學習態度表現。本研究為瞭解探索學習模式整合5E遊戲學習活動與學習型態對國小高年級學習者自然與生活科技領域與科技學習態度之影響，利用自然與生活科技領域與科技學習態度量表作為教學實驗後學習態度之依據，進行自然與生活科技領域與科技學習態度分析。將探索學習模式(循序式探索、自主式探索)、5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)及學習型態(嘗試型、反思型)設為自變項，外來種生物概念行為意向(自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度、科技使用學習滿意度)設為依變項，此外，為了控制先備知識對教學實驗正確性的誤差，將外來種生物概念先備知識測驗成績設為共變項，進行多變量共變數分析(MANCOVA)，以檢視各組學習者在自然與生活科技領域與科技學習態度表現的情形。經統計軟體分析處理後，分析結果說明如下：

壹、自然與生活科技領域與科技學習態度之敘述統計

首先，以敘述統計初探自然與生活科技領域與科技學習態度分析中的自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度與科技使用學習滿意度七個向度之學習態度表現的得分情形。自然學習信心是指自然與生活科技領域與科技學習態度量表第1-3題的平均得分；自然學習行為投入是指自然與生活科技領域與科技學習態度量表第4-6題的平均得分；自然學習情感投入是指自然與生活科技領域與科技學習態度量表第7-9題的平均得分；科技使用信心是指自然與生活科技領域與科技學習態度量表第10-12題的平均得分；科技使用學習動機是指自然與生活科技領域與科技學習態度量表第13-15題的平均得分；科技使用學習幫助度是指自然與生活科技領域與科技學習態度量表第16-18題的平均得分；科技使用學習滿意度是指自然與生活科技

領域與科技學習態度量表第19-21題的平均得分，此量表每題皆為1-5分，3分為中立，分數愈高代表態度愈正面。各組在自然學習信心和自然學習行為投入之調整後平均數、標準差與人數如表4-9所示；自然學習情感投入、科技使用信心和科技使用學習動機之調整後平均數、標準差與人數如表4-10所示；科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度之調整後平均數、標準差與人數如表4-11所示，有效樣本為174人。

表 4-9 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對自然學習信心和自然學習行為投入之調整後平均數、標準差與人數

依變項	自變項			調整後 平均數	標準差	人數
	探索學習模式	5E遊戲學習活動	學習型態			
自然學習 信心	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.318	.651	21
			反思型	3.484	.850	23
		2D遊戲	嘗試型	3.285	.983	21
			反思型	3.188	1.043	22
		總和		3.319	.884	87
	自主式探索	3D遊戲	嘗試型	3.404	.834	22
			反思型	3.196	.596	20
		2D遊戲	嘗試型	3.577	.932	22
			反思型	3.140	.792	23
		總和		3.329	.805	87
	總和	3D遊戲		3.351	.744	86
				3.297	.933	88
		嘗試型		3.396	.855	86
				3.252	.833	88
		總和		3.324	.843	174
	自然學習 行為投入	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.747	.914
反思型				4.003	1.001	23
2D遊戲			嘗試型	3.699	.926	21
			反思型	3.803	.722	22
總和				3.813	.891	87
自主式探索		3D遊戲	嘗試型	3.915	.767	22
			反思型	3.517	.845	20
		2D遊戲	嘗試型	3.835	.734	22
			反思型	3.687	.731	23
		總和		3.738	.774	87
總和		3D遊戲		3.795	.896	86
				3.756	.768	88
		嘗試型		3.799	.828	86
				3.752	.843	88
		總和		3.776	.833	174

表 4-10 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對自然學習情感投入、科技使用信心和科技使用學習動機之調整後平均數、標準差與人數

依變項	自變項			調整後 平均數	標準差	人數
	探索學習模式	5E遊戲學習活動	學習型態			
自然學習 情感投入	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.738	.909	21
			反思型	4.104	.724	23
		2D遊戲	嘗試型	3.846	1.013	21
			反思型	3.787	.731	22
	總和			3.869	.848	87
	自主式探索	3D遊戲	嘗試型	3.929	.844	22
			反思型	3.239	.671	20
		2D遊戲	嘗試型	4.032	.822	22
			反思型	3.832	.696	23
	總和			3.758	.819	87
	總和	3D遊戲		3.752	.847	86
				3.874	.809	88
		嘗試型		3.886	.893	86
				3.740	.771	88
		總和			3.813	.832
	科技使用 信心	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.444	.917
反思型				3.133	1.090	23
2D遊戲			嘗試型	3.533	1.261	21
			反思型	3.208	.862	22
總和			3.329	1.038	87	
自主式探索		3D遊戲	嘗試型	3.309	.915	22
			反思型	3.248	.825	20
		2D遊戲	嘗試型	3.575	.966	22
			反思型	3.050	.940	23
總和			3.295	.917	87	
總和		3D遊戲		3.283	.935	86
				3.341	1.018	88
		嘗試型		3.465	1.012	86
				3.160	.925	88
		總和			3.312	.977
科技使用 學習動機		循序式探索	3D遊戲	嘗試型	3.995	.773
	反思型			4.157	.656	23
	2D遊戲		嘗試型	3.741	.974	21
			反思型	3.688	.789	22
	總和			3.895	.804	87
	自主式探索	3D遊戲	嘗試型	4.076	.861	22
			反思型	3.382	.851	20
		2D遊戲	嘗試型	3.470	.957	22
			反思型	3.717	.757	23
	總和			3.661	.888	87
	總和	3D遊戲		3.902	.832	86
				3.654	.867	88
		嘗試型		3.820	.906	86
				3.736	.801	88
		總和			3.778	.852

表 4-11 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度之調整後平均數、標準差與人數

依變項	自變項			調整後 平均數	標準差	人數
	探索學習模式	5E遊戲學習活動	學習型態			
科技使用 學習幫助度	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	4.214	.763	21
			反思型	4.378	.806	23
		2D遊戲	嘗試型	3.877	1.173	21
			反思型	3.877	.559	22
	總和			4.087	.854	87
	自主式探索	3D遊戲	嘗試型	4.126	.728	22
			反思型	3.822	.810	20
		2D遊戲	嘗試型	3.758	.971	22
			反思型	3.485	.806	23
	總和			3.798	.840	87
	總和	3D遊戲	嘗試型	4.135	.791	86
			反思型	3.749	.897	88
		2D遊戲	嘗試型	3.994	.920	86
			反思型	3.891	.795	88
總和			3.942	.857	174	
科技使用 學習滿意度	循序式探索	3D遊戲	嘗試型	4.295	.870	21
			反思型	4.287	.816	23
		2D遊戲	嘗試型	3.868	1.305	21
			反思型	4.100	.719	22
	總和			4.138	.942	87
	自主式探索	3D遊戲	嘗試型	4.091	.852	22
			反思型	3.814	.943	20
		2D遊戲	嘗試型	3.729	.946	22
			反思型	3.470	.756	23
	總和			3.776	.879	87
	總和	3D遊戲	嘗試型	4.122	.875	86
			反思型	3.792	.963	88
		2D遊戲	嘗試型	3.996	1.006	86
			反思型	3.918	.847	88
總和			3.957	.927	174	

在探索學習模式方面，循序式探索組在自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度的調整後平均數較高於自主式探索組(循序式探索組：自然學習行為投入 = 3.813、自然學習情感投入 = 3.869、科技使用信心 = 3.329、科技使用學習動機 = 3.895、科技使用學習幫助度 = 4.087、科技使用學習滿意度 = 4.138；自主式探索組：自然學習行為投入 = 3.738、自然學習情感投入 = 3.758、科技使用信心 = 3.295、科技使用學習動機 = 3.661、科技使用學習幫助度 = 3.798、科技使用學習

滿意度 = 3.776)；而自主式探索組在自然學習信心的調整後平均數較高於循序式探索組(自主式探索組 = 3.329；循序式探索組 = 3.319)。

就5E遊戲學習活動而言，3D遊戲組在自然學習信心、自然學習行為投入、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度的調整後平均數較高於2D遊戲組(3D遊戲組：自然學習信心 = 3.351、自然學習行為投入 = 3.795、科技使用學習動機 = 3.902、科技使用學習幫助度 = 4.135、科技使用學習滿意度 = 4.122；2D遊戲組：自然學習信心 = 3.297、自然學習行為投入 = 3.756、科技使用學習動機 = 3.654、科技使用學習幫助度 = 3.749、科技使用學習滿意度 = 3.792)；而2D遊戲組在自然學習情感投入和科技使用信心的調整後平均數較高於3D遊戲組(2D遊戲組：自然學習情感投入 = 3.874、科技使用信心 = 3.341；3D遊戲組：自然學習情感投入 = 3.752、科技使用信心 = 3.283)。

從學習型態來看，自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度七個向度中，嘗試型學習型態組的調整後平均數皆較高於反思型學習型態組(嘗試型學習型態組：自然學習信心 = 3.396、自然學習行為投入 = 3.799、自然學習情感投入 = 3.886、科技使用信心 = 3.465、科技使用學習動機 = 3.820、科技使用學習幫助度 = 3.994、科技使用學習滿意度 = 3.996；反思型學習型態組：自然學習信心 = 3.252、自然學習行為投入 = 3.752、自然學習情感投入 = 3.740、科技使用信心 = 3.160、科技使用學習動機 = 3.736、科技使用學習幫助度 = 3.891、科技使用學習滿意度 = 3.918)。

貳、自然與生活科技領域與科技學習態度之多變量共變數分析

本研究採多變量共變數分析，以進一步瞭解探索學習模式、5E遊戲學習活動與學習型態各組在自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度與科技使用學習滿意度的調整後平均數之主效果及交互作用情形。表4-12為共變量矩陣等式的 Box 檢定，考驗結果未達顯著水準($F = .877$, $p = .892$)，顯示各組間無顯著差異存在，故符合

多變項變異數同質性之基本假設。接著進行多變量共變數分析，結果如表4-13、表4-14所示。

表 4-12 自然與生活科技領域與科技學習態度之共變量矩陣等式的 Box 檢定

Box's M	F	df1	df2	顯著性
199.729	.877	196	32152.837	.892

表 4-13 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對自然學習信心、自然學習行為投入與自然學習情感投入之多變量共變數分析摘要

變異來源	學習態度向度	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
先備知識	自然學習信心	4.569	1	4.569	6.523	.012
	自然學習行為投入	7.850	1	7.850	11.979	.001
	自然學習情感投入	3.639	1	3.639	5.737	.018
探索學習模式	自然學習信心	.005	1	.005	.007	.935
	自然學習行為投入	.242	1	.242	.369	.545
	自然學習情感投入	.531	1	.531	.838	.361
5E遊戲學習活動	自然學習信心	.110	1	.110	.156	.693
	自然學習行為投入	.059	1	.059	.091	.764
	自然學習情感投入	.573	1	.573	.904	.343
學習型態	自然學習信心	.887	1	.887	1.267	.262
	自然學習行為投入	.093	1	.093	.142	.707
	自然學習情感投入	.909	1	.909	1.432	.233
探索學習模式× 5E遊戲學習活動	自然學習信心	.538	1	.538	.769	.382
	自然學習行為投入	.309	1	.309	.472	.493
	自然學習情感投入	2.217	1	2.217	3.494	.063
探索學習模式× 學習型態	自然學習信心	1.379	1	1.379	1.969	.162
	自然學習行為投入	2.226	1	2.226	3.397	.067
	自然學習情感投入	3.877	1	3.877	6.112	.014
5E遊戲學習活動× 學習型態	自然學習信心	.652	1	.652	.931	.336
	自然學習行為投入	.026	1	.026	.039	.844
	自然學習情感投入	.011	1	.011	.018	.894
誤差	自然學習信心	115.579	165	.700		
	自然學習行為投入	108.121	165	.655		
	自然學習情感投入	104.663	165	.634		

* $p < .05$

表 4-14 探索學習模式、5E 遊戲學習活動與學習型態對科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度與科技使用學習滿意度之多變量共變數分析摘要

變異來源	學習態度向度	型 III 平方和	df	平均 平方和	F	顯著性
先備知識	科技使用信心	1.097	1	1.097	1.138	.288
	科技使用學習動機	2.665	1	2.665	3.923	.049
	科技使用學習幫助度	3.556	1	3.556	5.131	.025
	科技使用學習滿意度	2.597	1	2.597	3.157	.077
探索學習模式	科技使用信心	.050	1	.050	.052	.820
	科技使用學習動機	2.376	1	2.376	3.497	.063
	科技使用學習幫助度	3.622	1	3.622	5.227	.024
	科技使用學習滿意度	5.679	1	5.679	6.904	.009
5E遊戲學習活動	科技使用信心	.129	1	.129	.134	.715
	科技使用學習動機	2.381	1	2.381	3.505	.063
	科技使用學習幫助度	5.736	1	5.736	8.278	.005
	科技使用學習滿意度	4.203	1	4.203	5.109	.025
學習型態	科技使用信心	3.987	1	3.987	4.138	.044
	科技使用學習動機	.303	1	.303	.446	.505
	科技使用學習幫助度	.452	1	.452	.653	.420
	科技使用學習滿意度	.260	1	.260	.316	.575
探索學習模式× 5E遊戲學習活動	科技使用信心	.024	1	.024	.025	.874
	科技使用學習動機	.553	1	.553	.814	.368
	科技使用學習幫助度	.047	1	.047	.068	.794
	科技使用學習滿意度	.023	1	.023	.027	.869
探索學習模式× 學習型態	科技使用信心	.007	1	.007	.007	.934
	科技使用學習動機	.840	1	.840	1.237	.268
	科技使用學習幫助度	1.492	1	1.492	2.152	.144
	科技使用學習滿意度	1.558	1	1.558	1.894	.171
5E遊戲學習活動× 學習型態	科技使用信心	.617	1	.617	.641	.425
	科技使用學習動機	1.419	1	1.419	2.089	.150
	科技使用學習幫助度	.048	1	.048	.069	.793
	科技使用學習滿意度	.180	1	.180	.219	.641
誤差	科技使用信心	158.965	165	.963		
	科技使用學習動機	112.095	165	.679		
	科技使用學習幫助度	114.341	165	.693		
	科技使用學習滿意度	135.731	165	.823		

* $p < .05$

就交互作用而言，除了探索學習模式×學習型態對自然學習情感投入之學習態度表現達顯著水準($F_{(1,165)} = 6.112, p = .014$)，其交互作用分析圖如圖4-1，其餘交互作用皆未達顯著水準，表示探索學習模式與學習型態兩因子同時對自然學習情感投入之學習態度表現有交互作用，故將探索學習模式(循序式探索、自主式探索)與學習型態(嘗試型、反思型)分別進行單純主效果分析，結果如表4-15所示。

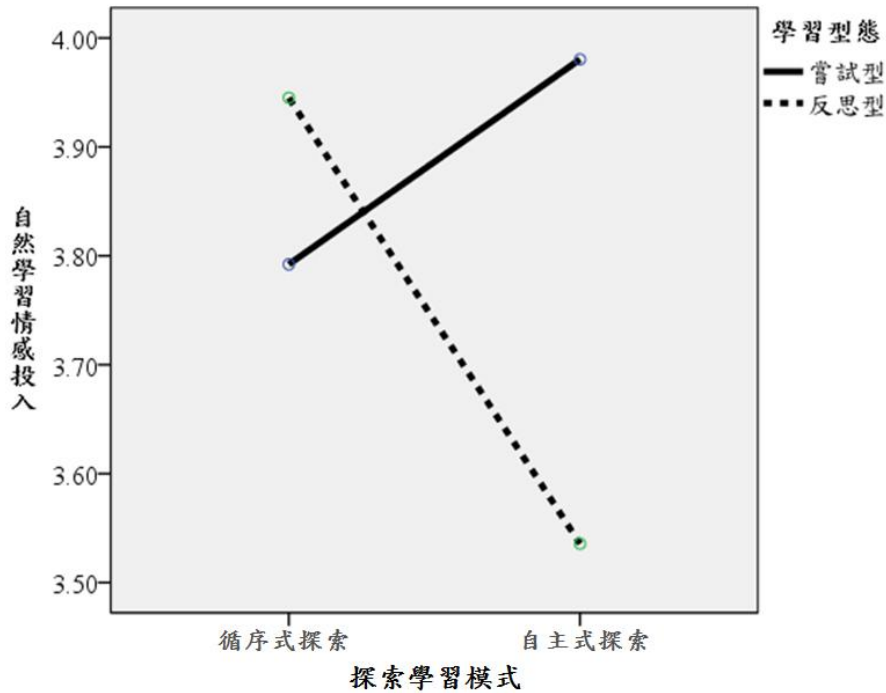


圖 4-1 探索學習模式與學習型態對自然學習情感投入之交互作用分析圖

表 4-15 探索學習模式與學習型態對自然學習情感投入之單純主效果變異數分析摘要

因子	變異來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
探索學習模式	嘗試型	6.992	1	6.992	.970	.328
	反思型	31.352	1	31.352	7.082*	.009
學習型態	循序式探索	5.358	1	5.358	.831	.364
	自主式探索	38.400	1	38.400	7.351*	.008

* $p < .05$

由表4-15 探索學習模式與學習型態對自然學習情感投入之學習態度表現的單純主效果變異數分析摘要得知，「反思型學習型態學習者使用不同探索學習模式」及「不同學習型態的學習者使用自主式探索」對自然學習情感投入之學習態度表現的單純主效果皆達顯著水準($F_{(1,165)} = 4.138, p = .044$)，表示對反思型學習型態學習者而言，循序式探索學習模式(mean = 3.945)對自然學習情感投入顯著優於自主式探索學習模式(mean = 3.536)；在自主式探索學習模式下，嘗試型學習型態的學習者(mean = 3.980)在自然學習情感投入顯著優於反思型學習型態的學習者(mean = 3.536)。

綜合上述分析結果，推測其可能原因為自主式探索組需自主規劃 5E 遊戲學習活動的學習任務順序，因此對於嘗試型學習型態的學習者而言，較為適應及認同，進而影響自然學習的情感投入；而反思型學習型態的學習者使用循序式探索學習模式進行 5E 遊戲學習活動時的自然學習情感投入優於使用自主式探索學習模式的學習者，推測其可能原因為循序式探索組的學習者需依序解決 5E 遊戲學習活動的學習任務，相較於自主式探索組的自主規劃，對反思型學習型態的學習者而言，循序式探索學習模式較易幫助思考及理解，因而提升自然學習的情感投入。

就主效果而言，探索學習模式在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度之學習態度表現達顯著水準($F_{(1,165)} = 5.227, p = .024$; $F_{(1,165)} = 6.904, p = .009$)，表示循序式探索組的學習者在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度之學習態度表現顯著優於自主式探索組的學習者(循序式探索組：科技使用學習幫助度 = 4.087、科技使用學習滿意度 = 4.138；自主式探索組：科技使用學習幫助度 = 3.798、科技使用學習滿意度 = 3.776)；5E遊戲學習活動在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度之學習態度表現亦達顯著水準($F_{(1,165)} = 8.278, p = .005$; $F_{(1,165)} = 5.109, p = .025$)，表示3D遊戲組的學習者在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度之學習態度表現顯著優於2D遊戲組的學習者(3D遊戲組：科技使用學習幫助度 = 4.135、科技使用學習滿意度 = 4.122；2D遊戲組：科技使用學習幫助度 = 3.749、科技使用學習滿意度 = 3.792)；此外，學習型態在科技使用信心之學習態度表現達顯著水準($F_{(1,165)} = 4.138, p = .044$)，表示嘗試型學習型態組的學習者(mean = 3.465)在科技使用信心之學習態度表現顯著優於反思型學習型態組的學習者(mean = 3.160)

另外，由自然與生活科技領域與科技學習態度之多變量共變數分析摘要得知，作為共變數的先備知識在自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用學習動機和科技使用學習幫助度亦達顯著水準($F_{(1,165)} = 6.523, p = .012$ 、 $F_{(1,165)} = 11.979, p = .001$ 、 $F_{(1,165)} = 5.737, p = .018$ 、 $F_{(1,165)} = 3.923, p = .049$ 、 $F_{(1,165)} = 5.131, p = .025$)，表示先備知識的高低對於學習者進行外來種生物概念學習課

程之自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用學習動機和科技使用學習幫助度有顯著影響。

整體而言，本研究自然與生活科技領域與科技學習態度之分析結果如表4-16所示。探索學習模式在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度達顯著水準，顯示循序式探索組的學習者在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度優於自主式探索組的學習者；而探索學習模式在兩組的自然學習信心、自然學習行為投入、科技使用信心和科技使用學習動機上，則無顯著差異。推測其可能原因為循序式探索學習模式著重循序漸進，能避免因自主探索造成混淆，進而有效幫助學習者進行遊戲式數位學習，並對學習的過程及結果感到滿足。

其次，5E 遊戲學習活動在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度達顯著水準，顯示 3D 遊戲組的學習者在科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度優於 2D 遊戲組的學習者；而 5E 遊戲學習活動在兩組的自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心和科技使用學習動機上，則無顯著差異。推測其可能原因為 3D 遊戲帶來的新奇感、娛樂性及多重感官刺激，幫助學習者沉浸於 5E 遊戲學習活動中，滿意學習的歷程。

此外，學習型態在科技使用信心達顯著水準，顯示嘗試型學習型態的學習者在科技使用信心優於反思型學習型態的學習者；而學習型態在兩組的自然學習信心、自然學習行為投入、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度和科技使用學習滿意度上，則無顯著差異。推測其可能原因為嘗試型學習型態的學習者在面對有別於傳統教學的遊戲式數位學習，會抱持著較積極、主動的態度，因而在科技使用上有較高的信心。

表 4-16 自然與生活科技領域與科技學習態度分析結果摘要

自然與生活科技領域與科技學習態度	交互作用	主效果	研究結果
自然學習信心	不顯著	不顯著	循序式探索=自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動
		不顯著	嘗試型=反思型
自然學習行為投入	不顯著	不顯著	循序式探索=自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動
		不顯著	嘗試型=反思型
自然學習情感投入	探索學習模式×學習型態顯著	不顯著	循序式探索
		顯著	自主式探索
	不顯著	不顯著	嘗試型學習型態
		顯著	反思型學習型態
		不顯著	5E遊戲學習活動
科技使用信心	不顯著	不顯著	循序式探索=自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動
		顯著	學習型態
科技使用學習動機	不顯著	不顯著	循序式探索=自主式探索
		不顯著	5E遊戲學習活動
		不顯著	嘗試型=反思型
科技使用學習幫助度	不顯著	顯著	循序式探索>自主式探索
		顯著	5E遊戲學習活動
		不顯著	嘗試型=反思型
科技使用學習滿意度	不顯著	顯著	循序式探索>自主式探索
		顯著	5E遊戲學習活動
		不顯著	嘗試型=反思型

第五章 結論與建議

本研究旨在探討不同探索學習模式(循序式探索、自主式探索)整合5E遊戲學習活動(3D遊戲、2D遊戲)與學習型態(嘗試型、反思型)對國小高年級學習者外來種生物概念的學習成效、行為意向及自然與生活科技領域與科技學習態度之影響。本研究結論依據研究結果歸納如下節所述，同時針對教學實驗過程及研究結果所發現之問題或所得之貢獻提出相關建議，以供未來研究之參考。

第一節 結論

本研究根據研究問題及第四章之研究結果進行歸納，獲得以下結論：(1)3D遊戲之5E遊戲學習活動比2D遊戲較能提升國小高年級學習者外來種生物概念知識理解成效表現，而不同探索學習模式與學習型態則不影響外來種生物概念知識理解與知識應用成效表現；(2)循序式探索之探索學習模式比自主式探索較能增進國小高年級學習者外來種生物概念宣導行為意向，而不同學習型態的學習者進行5E遊戲學習活動後對外來種生物概念皆抱持正向的生態管理行為意向、宣導行為意向和防治行為意向；(3)對於不同學習型態的國小高年級學習者而言，透過整合不同探索學習模式之5E遊戲學習活動進行學習皆抱持正向的自然與生活科技領域與科技學習態度；特別是循序式探索、3D遊戲與嘗試型學習型態之學習態度表現較佳。各點結論分述如下：

壹、3D遊戲之5E遊戲學習活動比2D遊戲較能提升國小高年級學習者外來種生物概念知識理解成效表現，而不同探索學習模式與學習型態則不影響外來種生物概念知識理解與知識應用成效表現

本研究結果發現，3D遊戲組的學習者在外來種生物概念之知識理解學習成效表現優於2D遊戲組的學習者，而循序式探索組、自主式探索組與嘗試型學習型態、反思型學習型態的學習者在外來種生物概念之知識理解與知識應用學習成效表現皆無顯著差異，表示國小高年級學習者在聲光效果、感官刺激與互動性較高的3D遊戲學習活動中，對外來種生物概念學習有較佳的理解。如同Karakus、Inal

和Cagiltay (2008)所言，商業遊戲具有華麗畫面、特殊音效和奇幻元素等特性，可激發學習者的學習動機使其更加主動積極於學習活動中；而且，良好的互動亦能幫助學習者主動學習、依循學習目標完成任務並能確保學習成效(Baker, Frisbie, & Patrick, 1989; Repman & Logan, 1996)。此外，年齡不同，專注力亦不一，由於本研究之學習者年齡介於具體運思期及形式運思期之間，故在感官刺激與互動性有所差異的情況下，其進行3D遊戲的學習者之學習專注力將高於進行2D遊戲的學習者，故知識理解成效表現亦較好。

此外，就本研究之學習內容而言，外來種生物概念以知識性理解為學習基礎，應用與分析為高階思考能力。因此，對於尚未修習過外來種生物概念的學習者來說，在沒有外來種生物概念的相關認知下，更無法有效發展面對外來種生物議題時之應用與分析能力。以知識複雜度的觀點來看遊戲式數位學習，學習內容嵌入數位遊戲的故事情節鋪陳與遊戲對話內容能有效幫助低層次的知識理解概念；反之，由於學習內容較著重知識理解部分，因而在知識應用上無法以數位遊戲之學習任務解決歷程的方式訓練學習者高階思考能力。

貳、循序式探索之探索學習模式比自主式探索較能增進國小高年級學習者外來

種生物概念宣導行為意向，而不同學習型態的學習者進行5E遊戲學習活動後對外來種生物概念皆抱持正向的生態管理行為意向、宣導行為意向和防治行為意向

本研究結果發現，循序式探索組的學習者在外來種生物概念之宣導行為意向優於自主式探索組的學習者，而3D遊戲組、2D遊戲組與嘗試型學習型態、反思型學習型態的學習者在外來種生物概念之生態管理行為意向、宣導行為意向與防治行為意向皆抱持積極正向態度，表示國小高年級學習者在程序性的循序式探索中解決學習任務能有效增進外來種生物概念的宣導行為意向。由於在遊戲式數位學習中給予程序性輔助可降低學習環境中複雜過多的資訊(Hill & Hannafin, 2001)，使學習者更加融入遊戲角色中，並產生生態保育的責任感及使命感，進而在面對外來種生物相關議題上表現出宣導行為的意圖，正如Engel、Blackwell和Miniard (1995)之看法，行為意向能左右最終的行為表現，因此，在真實世界中，進行循

序式探索的學習者之宣導行為表現可能高於進行自主式探索的學習者。此外，對學習者而言，遊戲可視為真實模擬，不僅能藉由虛擬環境之模擬學習問題解決等認知表現，抑或是由遊戲歷程中獲取知識和技能等，皆能從遊戲情境加以實施與驗證(Bonk & King, 1998)，故不同學習型態的學習者在進行外來種生物學習活動時，透過遊戲故事情節的鋪陳、真實環境的模擬，以及主動探究的任務歷程體驗，皆能做出正確的行為判斷，並清楚知道面對外來種生物時正確的行為反應。

參、對於不同學習型態的國小高年級學習者而言，透過整合不同探索學習模式之5E遊戲學習活動進行學習皆抱持正向的自然與生活科技領域與科技學習態度；特別是循序式探索、3D遊戲與嘗試型學習型態之學習態度表現較佳

本研究結果顯示，無論是接受循序式探索、自主式探索之探索學習模式或是接受3D遊戲、2D遊戲之5E遊戲學習活動的嘗試型學習型態、反思型學習型態學習者，對於自然學習信心、自然學習行為投入、自然學習情感投入、科技使用信心、科技使用學習動機、科技使用學習幫助度和科技使用習滿意度皆抱持正向態度。本研究掌握外來種生物概念之學習架構，並採用具有情境脈絡的遊戲式數位學習，提供學習者扮演遊戲角色的機會，將學習內涵透過解決任務的歷程鑲嵌在遊戲故事情節中，使學習者在虛擬環境中統整並消化所習得的知識與回饋反思應用在真實世界中，使學習過程成為有意義的體驗(Charles & Mcalister, 2004)，進而幫助學習者對自然與生活科技領域與科技學習的認同與肯定。

此外，由於接受循序式探索學習模式的學習者需按照既定順序解決5E遊戲學習活動的學習任務，不僅能避免因自主規劃探索順序所造成認知與理解混淆的可能，更能透過程序性的引導方式幫助學習者專注在學習活動中(Hill & Hannafin, 2001)，使其提升對自然與生活科技領域學習的情感投入，以及滿意外來種生物課程的學習歷程及結果。而透過商業遊戲所建立的3D遊戲虛擬環境，能帶給學習者新奇感、娛樂性及多重感官刺激，進而吸引學習者注意力，使其積極投入學習活動中，體驗學習之樂趣(Wu & Tsuei, 2011)。3D遊戲的高互動性更是讓學習者滿意學習歷程的重要因素之一，當學習者對學習環境的互動程度越滿意時，對學習結果亦較感到滿足，而學習成效亦相對較好(Fredericken, Pickett, Pelz, Shea, & Swan,

2000; Jiang & Ting, 1998; Swan et al., 2000)。由此可知，相較於自主式探索學習模式與2D遊戲類型之5E遊戲學習活動，循序式探索學習模式與3D遊戲類型之5E遊戲學習活動更能有效幫助及滿足國小高年級學習者的學習歷程。

以學習者的角度來看，依據其學習偏好與習慣配合對應的學習策略，則能使學習達到最佳化(Kolb, 1984)，而自主式探索學習模式強調學習者的自我探究，在進行5E遊戲學習活動時，需自主規劃學習任務的解決順序，因此對於嘗試型學習型態的國小高年級學習者而言，較能適應及認同自主式探索學習模式，進而影響自然學習的情感投入。此外，對於有別於傳統講述式教學的遊戲式數位學習，除了具備數位遊戲的娛樂性外，其挑戰機制更是激發學習興趣的關鍵因素之一(Robertson & Howells, 2008)，因此在進行5E遊戲學習活動時，嘗試型學習型態的學習者會抱持較積極、主動的學習態度，並在科技使用上有較高的信心。由此可知，對國小高年級學習者而言，在面對新興學習環境與自主學習策略上，嘗試型學習型態的學習者比反思型學習型態的學習者更具有較高的自然與生活科技領域與科技學習態度。

第二節 建議

本研究根據實驗教學與研究結果所發現之問題，提出相關建議以供自然與生活科技領域學習及未來研究之參考。

壹、自然與生活科技領域學習之建議

本研究對中自然與生活科技領域學習之建議包括(1)以數位遊戲融入5E學習環輔助自然與生活科技領域學習；(2)運用探索學習模式與遊戲式數位學習提升科技學習態度；及(3)增進學習者學習自然與生活科技領域相關概念的先備知識。分述如下：

一、以數位遊戲融入5E學習環輔助自然與生活科技領域教學

本研究應證以數位遊戲融入5E學習環進行自然與生活科技領域學習之可行性，並得知藉由投入、探究、解釋和精緻化四階段歷程所設計的5E遊戲學習活動，能幫助學習者在解決學習任務的過程中建構知識(McFarlane, Sparrowhawk, & Heald, 2002)，進而提升自然與生活科技領域學習概念理解。因此，若能以5E遊戲學習活動輔助自然與生活科技領域學習之課堂教學，不僅能使學習過程更富趣味性，更將能提升學習者的學習成效表現。

二、運用探索學習模式與5E遊戲學習活動提升科技學習態度

本研究結果顯示，循序式探索學習模式與3D遊戲類型之5E遊戲學習活動對於科技使用學習幫助度和滿意度皆有顯著的正向影響力。因此，若能在有效運用探索學習模式或採用5E遊戲學習活動進行遊戲式數位學習，則有助於提高學習者的科技學習態度，進而改善學習表現。

三、增進學習者學習自然與生活科技領域相關概念的先備知識

本研究結果顯示，學習者的先備知識為預測學習成效及影響學習態度的重要因素。因此，在進行5E遊戲學習活動前，若能先增進學習者的自然與生活科技領

域相關概念先備知識，將有助於學習者在學習任務中連結新舊知識，進而提升學習者的學習成效與學習態度。

貳、對未來研究方向之建議

本研究針對未來研究方向之建議，包括：(1)研究對象之延伸；(2)教學實驗時間之延長；(3)學科領域之擴展；及(4)教學資源之限制。分述如下：

一、研究對象之延伸

基於研究上的限制，本研究僅選取新北市某國小六年級學習者為研究樣本進行教學實驗。建議未來可以將研究對象擴展至其他縣市鄉鎮、延伸至不同階段的學習者，如國中、高中等，亦能考慮增加研究樣本人數，用以提高研究的精準性與可推論性，進而瞭解其他不同學習階段的學習者對遊戲式數位學習應用於自然與生活科技領域課程上之學習成效與學習態度。

二、教學實驗時間之延長

本研究因考量人力、物力與時間等限制，教學實驗時間為四節課，一堂課40分鐘，每班共160分鐘。本研究結果顯示在短暫的學習歷程中，遊戲式學習活動能提升學習者的學習成效與學習態度，但為避免數位遊戲的新奇效應帶來的短暫成效，建議未來可以在教學實驗的實施上延長時間，讓學習者有充裕的時間在遊戲環境中進行學習、反思及知識建構。

三、學科領域之擴展

本研究所建置之5E遊戲學習活動是以自然與生活科技領域的外來種生物概念課程為教學內容，建議未來可以推展到其他學科領域教學，並作進一步檢視及探討，以驗證5E遊戲學習活動是否適用於其他學科，進而提升研究的沿用性與準確性。

四、教學資源之限制

有鑑於數位遊戲之執行須在一定的電腦規格支援下才能發揮最大效益，因此，本研究建議在研究樣本之挑選過程中，將教學實驗現場之電腦設備與遊戲執行測試結果列入考量，以避免在進行遊戲式數位學習時造成延遲或中斷，影響學習者的知識建構與學習體驗，進而對遊戲式數位學習產生負面觀感。

參考文獻

中文部分

- 毛松霖、張菊秀(1997)。「探究式教學法」與「講述式教學法」對於國中學生地球科學—氣象單元學習成效之比較。*科學教育學刊*，5(4)，461-497。
- 王美芬、熊召弟(1995)。國民小學自然科教材教法。臺北市：心理出版社。
- 王麗君(2005)。國中資訊技能專題學習之教學模式探討(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 白佩宜、許瑛珺(2011)。探討不同探究式教學法對高一生科學探究能力與學習環境觀感之影響。*課程與教學季刊*，14(3)，123-156。
- 行政院農業委員會(1992)。資源保育常用辭彙。臺北市：淑馨。
- 吳百薰(1998)。國小學生學習風格相關因素之研究(未出版之碩士論文)。國立臺中師範學院，臺中市。
- 吳佳蓮、吳心楷(2006)。科學探究活動中國小五年級兒童科學解釋能力及實務認識論之研究。*中華民國第二十二屆科學教育學術研討會發表之論文*。臺北市國立臺灣師範大學。
- 吳明隆、涂金堂(2005)。SPSS 與統計應用分析(第一版)。臺北市：五南。
- 李佳蓮(2005)。彰化縣國小高年級學童對昆蟲多樣性迷思概念之研究(未出版之碩士論文)。國立臺中師範學院，臺中市。
- 阮惠嵐(2008)。應用電腦輔助學習鷹架於國中自然與生活科技「力」單元之學習成效與態度探討(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 林麗琳(1995)。國小資優班與普通班學生之學習風格、學習適應與學業成就關係之研究(未出版之碩士論文)。國立臺南師範學院，臺南市。
- 金恒鑣(2006)。森林健康與生態安全—外來種入侵的根本問題。*林業研究專訊*，13(3)，1。
- 侯貴文(2007)。線上遊戲教學對不同學習風格之國一學生學業成就影響之研究(未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化縣。
- 施貴善、段曉林(2004)。長期實施探究式教學對國二學生科學學習動機影響因素之探討。*中華民國第二十屆科學教育學術研討會發表之論文*。高雄市國立高雄師範大學。
- 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。*高雄師範大學學報*，15，641-662。
- 國家紅火蟻防治中心(2012)。火蟻之威脅。取自
<http://www.fireant.tw/default.asp?todowhat=showpage&no=5>
- 張春興(1985)。教育心理學-三元化取向的理論與實踐。臺北市：東華書局。
- 張清濱(2000)。探究教學法。*師友*，395，45-49。
- 張靜儀(1995)。自然科學探究教學法。*屏師科學教育*，1，36-45。
- 教育部(2008)。97年國民中小學九年一貫課程綱要。臺北市：教育部。
- 郭重吉(1987)。英美等國晚近對學生學習風格之研究。*資優教育季刊*，22，2-8。
- 陳建志(2009)。外來種生物昆蟲對生物多樣性的衝擊。載於董景生(主編)，外來種生物防治教育專刊—動物篇(21-25頁)。臺北市：社團法人台灣環境資訊協會。

- 陳韻如(2003)。台灣生物多樣性的損失—哪些資源正在流失?。取自 <http://140.112.89.45/biodivctr/upload/article/005.pdf>
- 曾小玲(2010)。在遊戲中學習風格與解題策略對規則發現之影響(未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 湯奇霖(2007)。教科書內容及教師對「外來種」之詮釋(未出版之碩士論文)。國立高雄師範大學，高雄市。
- 湯奇霖、劉湘瑤(2006)。現行國小教科書版本中有關於「外來種」議題的分析研究。中華民國第二十二屆科學教育學術研討會張貼之論文。臺北市國立臺灣師範大學。
- 黃基森(2005)。「外來種」是全民公敵嗎?從環境倫理與價值談外來種對台灣的影響(上)。取自 <http://e-info.org.tw/node/2531>
- 黃皓伶(2011)。不同探索式遊戲學習策略對國小流感防治概念學習之影響(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 黃德昌(2005)。入侵種生物之現況與管理。國政研究報告(編號：科經(研)094-010號)，未出版。
- 黃靜儀(2008)。網路輔助國小五年級外來種生物教學成效之研究---以鳳凰谷鳥園、特有生物保育研究中心的教學網站為例(未出版之碩士論文)。國立新竹教育大學，新竹市。
- 楊秀停(2004)。以合作式行動研究協助國小自然科教師實施探究式教學(未出版碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化縣。
- 楊秀停、王國華(2007)。實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響。科學教育學刊，15(4)，439-459。
- 楊坤堂(1996)。學習風格教學。特教園丁，12(2)，5-9。
- 趙榮台(1998)。「生物多樣性公約」的發展。載於林曜松(主編)，生物多樣性前瞻研討會論文集(4-13頁)。臺北市：行政院農業委員會。
- 趙榮台(2006)。管理外來入侵種的國際動員。林業研究專訊，13(3)，4-7。
- 劉宏文和張惠博(2001)。高中學生進行開放式探究活動之個案研究—問題的形成與解決。科學教育學刊，9(2)，169-196。
- 蔡明致、林莞如、葉辰楨、張文華、王國華(2011)。試行 AA Vee 圖融入三階段探究教學模式對科學教師專業成長之影響。師資培育與教師專業發展期刊，4(1)，87-116。
- 蔡執仲、段曉林、靳知勤(2007)。巢狀探究教學模式對國二學生理化學習動機影響之探討。科學教育學刊，15(2)，119-144。
- 蔡執仲、劉錫忠、段曉林(2004)。探究式教學教案設計以及實施成效之探討。中華民國第二十屆科學教育學術研討會發表之論文。高雄市國立高雄師範大學。
- 蔡輝毅(2004)。國小五年級生物多樣性課程之試驗研究(未出版之碩士論文)。國立臺中師範學院，臺中市。
- 鄭家宏(2003)。臺灣地區外來生物管理體系建構(未出版之碩士論文)。國立臺北大學，臺北市。
- 盧秀琴(2006)。互動式電子繪本融入國小自然與生活科技教學的介紹。國民教育，46(3)，22-29。

- 盧秀琴、彭文萱(2007)。外來種生物繪本電子書教學應用之研究。臺北市立教育大學學報－教育類，38(2)，33-64。
- 蕭惠英(2006)。遊戲式網路對不同學習風格學生數學學習成效之影響(未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化縣。
- 蕭貴徽(2009)。資訊科技融入教學模式與學習風格對國小藝術鑑賞學習之探究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 賴俊甫(2008)。數位遊戲學習系統對不同學習風格學生科學態度之影響---以「希望之旅」為例(未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 顏仁德(2000)。外來種與放生問題。2000 生物多樣性保育展望大會論文集(65-88 頁)。臺北市：行政院農業委員會。
- 魏郁芬(2007)。中部地區國小六年級學童對外來種生物的認知與態度之調查研究(未出版之碩士論文)。國立臺中師範學院，臺中市。
- 蘇輝明(2004)。原住民學童之學習風格與教育上的應用。網路社會學通訊期刊，40。取自 <http://mail.nhu.edu.tw/~society/e-j/40/40-11.htm>

英文部分

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abraham, M. R. (1997). *The learning cycle approach to science instruction: Research Matters - to the Science Teacher No. 9701*. Retrieved from <http://www.narst.org/publications/research/cycle.htm>.
- Akerson, V., & Hanuscin, D. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-years professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Akerson, V., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- Ang, C. S., Avni, E., & Zaphiris, P. (2008). Linking pedagogical theory of computer games to their usability. *International Journal on E-Learning*, 7(3), 533-558.
- Annetta, L. (2012). Learning science through video games and simulations. *Science Education*, 96(3), 566-568.
- Bakas, C., & Mikropoulos, T. A. (2003). Design of virtual environments for comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education*, 25(8), 949-967.
- Baker, B. O., Frisbie, A. G., & Patrick, K. R. (1989). Broadening the new definition of distance education in light of the telecommunication technologies. *The American Journal of Distance Education*, 3(1), 20-29.
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning*. Retrieved from <http://www.edutopia.org/pdfs/edutopia-teaching-for-meaningful-learning.pdf>
- Becker, K. (2001). Teaching with games: The minesweeper and asteroids experience. *Journal of Computing in Small Colleges*, 17(2), 23-33.
- Betz, J. A. (1995). Computer games: Increase learning in an interactive multidisciplinary environment. *Journal of Educational Technology Systems*, 24(2), 195-205.
- Bishop, A. P., & Bruce, B. C. (2002). Using the web to support inquiry-based literacy development. *Journal of Adolescent and Adult Literacy*, 45(8), 706-714.
- Bolinggi, I. (2009, January 7). *Educational computer games as effective learning tools* [Web blog message]. Retrieved from <http://geeni.in/tag/educational>
- Bonk, C. J., & King, K. S. (1998). Computer conferencing and collaborative writing tools: Starting a dialogue about student dialogue. In C. J. Bonk & K. S. King (Eds.), *Electronic collaborators: Learner-centered technologies for literacy, apprenticeship, and discourse* (pp. 3-24). Mahwah, New Jersey: Erlbaum.
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129(3), 387-398.

- Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bybee, R. (1993). An instructional model for science education. In *Developing Biological Literacy*. Colorado Springs, CO: Biological Sciences Curriculum Study.
- Callaway, R. M., Thelen, G. C., Rodriguez, A., & Holben, W. E. (2004). Soil biota and exotic plant invasion. *Nature*, 427, 731-733.
- Casazza, K., & Ciccazzo, M. (2006). Improving the dietary patterns of adolescents using a computer-based approach. *Journal of School Health*, 76(2), 43-46.
- Chao, C. C. (2006). *An investigation of learning style differences and attitudes toward digital game-based learning among mobile users*. Proceedings of the 4th IEEE International Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMTE'06), 29-31.
- Charles, D., & Mcalister, M. (2004). Integrating ideals about invisible playgrounds from play theory into online educational digital games. In M. Rautherberg (Ed.), *ICEC 2004* (pp. 598-601). New York: Springer Berlin Heidelberg .
- Chase, C., & Gibson, H. L. (2002). Longitudinal impact of inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693-705.
- Chiappetta, E. L., Koballa, T. R., & Collette, A. T. (1998). *Science instruction in the middle and secondary schools* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Chua, A.Y.K. (2005). The design and implementation of a simulation game for teaching knowledge management. *Journal of American Society for Information Science and Technology*, 56(11), 1207-1216.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review*. London: Learning and Skills Research Centre.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Conati, C. (2002). Probabilistic assessment of user's emotions in educational games. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 16(7), 555-575.
- Convention on Biological Diversity (CBD). (2003). Retrieved from <http://www.biodiv.org/convention/articles.asp>
- Demircioglu, H., Demircioglu, G., & Calik, M. (2009). Investigating the effectiveness of storylines embedded within a context-based approach: The case for the Periodic Table. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(3), 241-249.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Lexington, MA: D. C. Heath.
- Dickey, M. (2005). Engaging by design: How engagement strategies in popular computer and video games can inform instructional design. *Educational Technology Research & Development*, 53(2), 67-83.
- Dunn, R. S., & Dunn, K. J. (1979). Learning styles/teaching styles: Should they...can they... be matched? *Educational Leadership*, 36(4), 238-244.

- Edelson, D. C., Gordin, D., & Pea, R. (1997, March 20-24). Creating science learning tools from experts' investigation tools: A design framework. Paper presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Oak Brook, IL.
- Egenfeldt-Nielsen, S., Smith, J. H., & Tosca, S. P. (2008). *Understanding Video Games: The Essential Introduction*. New York: Routledge.
- Engel, J. F., Blackwell, R. D., & Miniard, P. W. (1995). *Consumer behavior*. Fourth Worth: Dryden Press.
- Fasli, M., & Michalakopoulos, M. (2006). Interactive game-based learning. *ALT Online Newsletter*. Retrieved from http://archive.alt.ac.uk/alt.newsweaver.co.uk/newsweaver.co.uk/alt/e_article00067880964e4.html?x=b11,0,w
- Federation of American Scientists (2006). *Summit on educational games: Harnessing the power of video games for learning*. Washington, D.C: Federation of American Scientist.
- Felder, R. M., & Spurlin, J. (2005). Applications, reliability and validity of the index of learning styles. *International Journal on Engineering Education*, 21(1), 103-112.
- Fielding, E. N. (2000). *Understanding your child's learning differences = Entienda como aprende su hijo*. Retrieved from ERIC database. (ED462727)
- Folkes, V. S. (1988). Recent attribution research in consumer behavior: A review and new directions. *Journal of Consumer Research*, 14, 548-565.
- Fredericken, E., Pickett, A., Pelz, W., Shea, P., & Swan, K. (2000). Student satisfaction and perceived learning with online courses: Principles and examples from the SUNY Learning Network. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 14(2), 2-17.
- Gander, S. (2002). Does learning occur through gaming. *Electronic Journal of Instructional Science and Technology*, 3(2), 28-43.
- Garger, S., & Guild, P. (1984). Learning style: The crucial differences. *Curriculum Review*, 23(1), 9-12.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467.
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Gee, J. P. (2005). *Why are video games good for learning?* Retrieved from <http://www.academiccolab.org/resources/documents/MacArthur.pdf>
- Gregorc, A. F. (1979). Learning styles: Differences which the profession must address. *Reading through content*, 29-34.
- Gunter, G., Kenny, R., & Vick, E. (2008). Taking educational games seriously: Using the RETAIN model to design endogenous fantasy into standalone educational games. *Educational Technology Research & Development*, 56(5/6), 511-537. doi:10.1007/s11423-007-9073-2

- Guzman-Rodriguez, S. M. (2007). *Community college students' plant biodiversity learning experience in an introductory biology course: Exploring the value added by using a CD-ROM to develop inquiry lessons* (Doctoral dissertation, Louisiana State University). Retrieved from http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-07102007-154149/unrestricted/Guzman-Rodriguez_dis.pdf
- Harms, N. C., & Yager, R. E. (1981). *What research says to the science teacher, vol. 3*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Hill, J., & Hannafin, M. J. (2001). Teaching and learning in digital environments: The resurgence of resource-based learning. *Educational Technology Research and Development, 49*(3), 37-52.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(7), 791-806.
- Hogle, J. G. (1996). *Considering games as cognitive tools: In search of effective "Edutainment"*. Retrieved from <http://twinpinefarm.com/pdfs/games.pdf>
- Holland, W., Jenkins, H., & Squire, K. (2003). Theory by design. In B. Perron & M. Wolf (Eds.), *Video game theory* (pp. 25-46). New York: Routledge.
- Hsieh, S. W., Jang, Y. R., Hwang, G. J., & Chen, N. S. (2011). Effects of teaching and learning styles on students' reflection levels for ubiquitous learning. *Computers & Education, 57*(1), 1194-1201.
- Huang, T. H., Yu, T. T., Yang, C. H., Tang, K. T., Chen, S. C., & Liu, Y. C. (2007). *The study of cognitive-style-oriented online game learning system*. Proceedings of Frontiers in Education Conference 2007, F2G-10 - F2G-14. doi: 10.1109/FIE.2007.4417883
- Hunt, D.E. (1979). Learning style and student needs: An introduction to conceptual level. In J. W. Keefe (Ed.), *Student learning styles: Diagnosing and prescribing programs* (pp. 27-38). Reston, VA: National Association of Secondary School Principals.
- Hunter, M. L. (1996). *Fundamentals of conservation biology*. Blackwell Science, Cambridge, Massachusetts.
- International Union for the Conservation of Nature (IUCN). (2000). Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. Retrieved from http://www.issg.org/cii/Electronic%20references/pii/references/iucn_guidelines_for_the_prevention_of_biodiversity_loss_caused_by_ias.pdf
- Invasive Species Specialist Group (ISSG). (2003). *The invasive species problem*. Retrieved from http://www.issg.org/about_is.htm
- Jarrett, D. (1997). *Inquiry strategies for science and mathematics learning*. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory.
- Jiang, M., & Ting, E. (1998, April 13-17). Course design, instruction, and students' online behaviors: A study of instructional variables and student perceptions of

- inline learning. Paper presented at the *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, San Diego, CA.
- Justice, C., Rice, J., Roy, D., Hudspith, B., & Jenkins, H. (2009). Inquiry-based learning in higher education: Administrators' perspectives on integrating inquiry pedagogy into the curriculum. *High Education*, 58(6), 841-855.
- Kanninen, E. (2009). *Learning Styles and E-Learning*, Master of Science Thesis, Tampere University of Technology. (Unpublished master thesis). Retrieved from <http://hlab.ee.tut.fi/video/bme/evicab/astore/delivera/wp4style.pdf>
- Karakus, T., Inal, Y., & Cagiltay, K. (2008). A descriptive study of Turkish high school students' game-playing characteristics and their considerations concerning the effects of games. *Computers in Human Behavior*, 24(6), 2520-2529.
- Ke, F., & Grabowski, B. (2007). Gameplaying for maths learning: Cooperative or not? *British Journal of Educational Technology*, 38(2), 249-259.
- Keefe, J. W. (1987). *Learning style theory and practice*. Reston, VA: National Association of Secondary School Principals.
- Kelly, G. J., & Chen, C. (1999). The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 883-915.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *Internet and Higher Education*, 8(1), 13-24.
- Kim, B., Park, H., & Baek, Y. (2009). Not just fun, but serious strategies: Using meta-cognitive strategies in game-based learning. *Computers & Education*, 52(4), 800-810.
- Kolb, D. A. (1976). *Learning style inventory*. Boston: McBer and Company.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Lehnhoff, E., Woolbaugh, W., & Rew, L. (2008). Designing the perfect plant: Activities to investigate plant ecology. *Science Scope*, 32(3), 29-35.
- Lepper, M. R., & Cordova, D. I. (1992). A desire to be taught: Instructional consequences of intrinsic motivation. *Motivation and Emotion*, 16(3), 187-208.
- Liu, T. C., Peng, H., Wu, W. H., & Lin, M. S. (2009). The effects of mobile natural-science learning based on the 5E learning cycle: A case study. *Educational Technology & Society*, 12(4), 344-358.
- Looi, C. K. (1998). Interactive learning environments for promoting inquiry learning. *Journal of Educational Technology Systems*, 27(1), 3-22.
- Lott, G. W. (1983). The effect of inquiry teaching and advance organizers upon student outcomes in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 437-451.

- Lucey-Roper, M. (2006). Discover Babylon: Creating a vivid user experience by exploiting features of video games and uniting museum and library collections. In J. Trant & D. Bearman (Eds.). *Museums and the Web 2006: Proceedings*, Toronto: Archives & Museum Informatics, published March 1, 2006 at <http://www.archimuse.com/mw2006/papers/lucey-roper/lucey-roper.html>
- Malone, T. W. (1981). What makes computer games fun? *Byte*, 6(12), 258-277.
- Mather, J. A., & Champagne, A. (2008). Student learning styles/strategies and professors' expectations: Do they match? *College Quarterly*, 11(2), 1-8.
- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of games: An exploration by TEEM of the contribution which games can make to the education process*. Cambridgeshire, UK.
- Mills, E. L., Leach, J. H., Carlton, J. T., & Secor, C. L. (1993). Exotic species in the Great Lakes: A history of biotic crises and anthropogenic introductions. *Journal of Great Lakes Research*, 19(1), 1-54.
- Milovanović, M., Minović, M., Kovačević, I., Minović, J., & Starčević, D. (2009). Effectiveness of game-based learning: Influence of cognitive style. *Communications in Computer and Information Science*, 49, 87-96.
- More, A. J. (1993). *Learning styles and the classroom*. Retrieved from ERIC database. (ED368479)
- Moreno, R. (2002). *Who learns best with multiple representations? Cognitive theory implications for individual differences in multimedia learning*. Paper presented at World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia, & Telecommunications. Denver, CO.
- Moreno, R. (2002). Who Learns Best with Multiple Representations? Cognitive Theory Predictions on Individual Differences in Multimedia Learning. In P. Barker & S. Rebelsky (Eds.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2002* (pp. 1380-1385). Chesapeake, VA: AACE. Retrieved from <http://www.editlib.org/p/10238>
- Mumtaz, S. (2001). Children's enjoyment and perception of computer use in the home and the school. *Computers & Education*, 36(4), 347-362.
- National Invasive Species Council (NISC). (2005). *Five-Year Review of Executive Order 13112 on Invasive Species*. Retrieved from <http://www.invasivespeciesinfo.gov/docs/council/fiveyearreview.pdf>
- Nippold, M., Duthie, J., & Larson, J. (2005). Literacy as a leisure activity: Free-time preferences of older children and young adolescents. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, 36(2), 93-102.
- Oblinger, D. (2004). The next generation of educational engagement. *Journal of Interactive Media in Education*, 8, 1-8.
- Pierce, R., Stacey, K., & Barkatsas, A. (2007). A scale for monitoring students' attitudes to learning mathematics with technology. *Computers & Education*, 48(2), 285-300.

- Pilot, A., & Bulte, A. M. W. (2006). The use of “contexts” as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1087-1112.
- Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O’Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T., & Tsomondo, T. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84(1), 1-20.
- Pintrich, P. R., & Johnson, G. R. (1990). Assessing and improving students’ learning strategies. *New Directions for Teaching and Learning*, 42, 83-92.
- Pivec, M., & Dziabenko, O. (2004). Game-based learning in universities and lifelong learning: “UniGame: Social skills and knowledge training” game concept. *Journal of Universal Computer Science*, 10(1), 14-26.
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.
- Rastegarpour, H., & Marashi, P. (2012). The effect of card games and computer games on learning of chemistry concepts. *Social and Behavioral Sciences*, 31, 597-601.
- Renner, J. W., Abraham, M. R., & Birnie, H.H. (1988). The necessity of each phase of the learning cycle in teaching high school physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(1), 39-58.
- Repman, J., & Logan, S. (1996). Interaction at a distance possible barriers and collaborative solutions. *TechTrends*, 41(6), 35-38.
- Rhymer, J. M., & Simberloff, D. (1996). Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27, 83-109.
- Riding, R. J. (1991). *Cognitive styles analysis*. Birmingham, England: Learning and Training Technology.
- Riding, R. J., & Rayner, S. (1998). *Cognitive styles and learning strategies: Understanding style differences in learning and behaviour*. London: David Fulton Publishers.
- Robertson, J., & Good, J. (2003). Using a collaborative virtual role-play environment to foster characterisation in stories. *Journal of Interactive Learning Research*, 14(1), 5-29.
- Robertson, J., & Howells, C. (2008). Computer game design: Opportunities for successful learning. *Computers & Education*, 50(2), 559-578.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2003). High school students’ ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
- Sedig, K. (2008). From play to thoughtful learning: A design strategy to engage children with mathematical representations. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 27(1), 65-101.
- Shaffer, D. W. (2004). Pedagogical praxis: The professions as models for post-industrial education. *Teachers College Record*, 106(7), 1401-1421.
- Shaffer, D. W., Squire, K., Halverson, R., & Gee, J. P. (2005). Video games and the future of learning. *Phi Delta Kappan*, 87(2), 104-111.

- Sheffield, B. (2005, November 1). *What games have to teach us: An interview with James Paul Gee* [Web blog message]. Retrieved from <http://business.highbeam.com/136951/article-1G1-138950396/games-have-teach-us-interview-james-paul-gee>
- Squire, K., & Jenkins, H. (2004). Harnessing the power of games in education. *Insight* 3(1), 5-33.
- Stake, R. E., & Easley, J. A. (1978). *Case studies in science education*. Urbana, IL: Center for Institutional Research and Curriculum Evaluation, University of Illinois.
- Stiling, P. (2002). *Ecology: Theories and Applications* (4th ed.). Prentice-Hall International Editions, Singapore.
- Susaeta, H., Jimenez, F., Nussbaum, M., Gajardo, I., Andreu, J. J., & Villalta, M. (2010). From MMORPG to a classroom multiplayer presential role playing game. *Educational Technology & Society*, 13(3), 257-269.
- Swan, K., Shea, P., Fredericken, E., Pickett, A., Pelz, W., & Maher, G. (2000). Building knowledge communities: Consistencies, contact and communication in the virtual classroom. *Journal of Educational Computing research*, 23(4), 359-383.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2006). *Using Multivariate Statistics* (5th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Tamir, P., Stavy, R., & Ratner, N. (1998). Teaching science by inquiry: Assessment and learning. *Journal of Biological Education*, 33(1), 27-32.
- Tien, F. F., & Fu, T. T. (2008). The correlates of the digital divide and their impact on college student learning. *Computers & Education*, 50(4), 421-436.
- Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1986). *Becoming a secondary school science teacher*. Columbus, Ohio: Merrill.
- Vos, N., Van der Meijden, H., & Denessen, E. (2010). Effects of constructing versus playing an educational game on student motivation and deep learning strategy use. *Computer & Education*, 56(1), 127-137.
- Wallner, W.E. (1996). Invasive pests (biological pollutants) and US forests: Whose problem, who pays? *EPPO Bull*, 26(1), 167-180.
- Wang, H. Y., & Wang, Y. S. (2008). Gender differences in the perception and acceptance of online games. *British Journal of Educational Technology*, 39(5), 787-806.
- Wang, L. C., & Chen, M. P. (2010). The effects of game strategy and preference-matching on flow experience and programming performance in game-based learning. *Innovations in Education and Teaching International*, 47(1), 39-52.
- Weiss, I. R. (1978). *Report of the 1977 national survey of science, mathematics, and social studies education*. Center for Educational Research and Evaluation, Research Triangle Institute, Research Triangle Park, North Carolina.

- White, B. Y. (1984). Designing computer games to help physics students understand Newton's laws of motion. *Cognition & Instruction, 1*(1), 69-108.
- Wideen, M. F. (1975). Comparison of student outcomes for science – a process approach and traditional science teaching for third, fourth, fifth, and sixth grade classes: A product evaluation. *Journal of Research in Science Teaching, 12*(1), 31-39.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education, 87*(1), 112-143.
- Wu, S., & Tsuei, M. (2011). The effects of digital game-based learning on elementary students' science learning. Retrieved from <http://web.tiec.tp.edu.tw/gccce/00gccce/papers/04.pdf>
- Wu, W. H., Chiou, W. B., Kao, H. Y., Hu, C. H., & Huang, S. H. (2012). Re-exploring game-assisted learning research: The perspective of learning theoretical bases. *Computers & Education, 59*(4), 1153-1161.
- Zuckerman, G. A., Chudinova, E. V., & Khavkin, E. E. (1998). Inquiry as a pivotal element of knowledge acquisition within the Vygotskian paradigm: Building a science curriculum for the elementary school. *Cognition and Instruction, 16*(2), 201-233.

附錄一 學習型態量表

性別：男 女 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

親愛的同學，你(妳)好！這份量表是用來瞭解當你(妳)學到比較困難的概念、技能或任務時，你(妳)會如何？題目沒有標準答案，也不會影響你(妳)的學業成績，你(妳)可以放心地回答問題。共8題，請根據你(妳)個人的感受，圈選最適切的答案，其中1代表幾乎不曾、2代表很少如此、3代表有時如此、4代表經常如此、5代表永遠如此。每題只能圈選一個選項，請不要重複或漏填。

	幾 乎 不 曾	很 少 如 此	有 時 如 此	經 常 如 此	永 遠 如 此
1. 我會嘗試從其他人的分享經驗中瞭解如何學到知識。	1	2	3	4	5
2. 在完成老師交代的任務前，我會盡可能的找出所有相關細節。	1	2	3	4	5
3. 當老師問問題時，不管有沒有肯定的答案，我會馬上回應，並嘗試從老師或同學的回答中修正自己的答案。	1	2	3	4	5
4. 回應老師的問題之前，我需要一些時間來思考答案。	1	2	3	4	5
5. 不管回答正不正確，如果老師能加以解釋，我學起來會比較有效率。	1	2	3	4	5
6. 對於每一個問題，我都會先思考以確定答案。	1	2	3	4	5
7. 即使不確定答案，我仍然會舉手回答老師的問題。	1	2	3	4	5
8. 我比較喜歡試著去思考、瞭解問題，而不是依賴老師的解答。	1	2	3	4	5

附錄二 外來種生物概念先備知識測驗

性別：□男 □女 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

親愛的同學，你(妳)好！這份測驗是想瞭解你(妳)對於外來種生物概念的理解程度，並不會列入成績考核中，請放心作答。總共16題，請注意不要漏填。

- (4) 1.對於外來種的定義，應該以哪種區分條件較為正確？
- ①以國家為區分
 - ②以山脈來區分
 - ③以地理區來區分
 - ④以生態系來區分
- (3) 2.要防範外來種的衝擊，下列哪個對策是錯誤的？
- ①政府應該立法管制外來進口物品，包括食物、種子、寵物
 - ②舉辦生態課程，幫助民眾辨認原生種及外來種生物
 - ③促使原生種生物與外來種交配繁殖，以期同化外來種生物
 - ④對國民加強教育外來種知識的宣導
- (3) 3.下列有關外來種生物會造成危害的理由，下列哪個選項是錯誤的？
- ①花費龐大的經費與人力
 - ②帶來當地原本沒有的疾病
 - ③成為當地生物的掠食對象，進而影響食
 - ④在野外自行大量繁殖，排擠當地原有生物的生存物鏈
- (3) 4.下列哪個原因不是外來入侵種進入臺灣的主要管道？
- ①貿易進口
 - ②隨著交通工具偷渡
 - ③候鳥過境時帶來
 - ④學術研究
- (2) 5.針對「外來種」的定義，下列哪個選項是錯誤的？
- ①某一種生物出現在原本不存在的自然環境中，就叫做外來種生物
 - ②本來是棲息在深山的動植物，後來生長環境演化至平地的動植物也可以叫做外來種生物
 - ③不是原產於臺灣，而是經過各種管道來到台灣的生物
 - ④相對於本地種，即只要不是本地原有的物種，都可以叫做外來種
- (4) 6.下列哪個做法不能有效防止外來種入侵？
- ①成立外來種管制中心，隨時監控其繁殖與分布情形
 - ②建置外來種資訊網，隨時提供外來種資訊
 - ③設置寵物、植物銀行，收容民眾棄養生物
 - ④以生物防治概念引進外來種天敵，以達到生態平衡
- (3) 7.我國農業委員會最近在對進口的農產品檢疫時，發現由美國華盛頓州進口的蘋果，部分有蟲洞，經檢驗，證實其中有活的『蘋果蠹蛾』的幼蟲，因而公告暫停進口該產區的蘋果。試問農業委員會是基於下列哪個原因而作此決定？
- ①有蟲洞的蘋果不易保存
 - ②蠹蛾可能會傳染人類疾病
 - ③蠹蛾會侵襲臺灣種植的蘋果及梨
 - ④有蟲洞的蘋果，消費者的購買意願低

- (2) 8.關於外來種生物的現象，下列哪個選項是錯誤的？
- ①我們食用的農產品有一些是外來種生物
 - ②原生棲地因為人為因素改變，而遷移到其他地區的生物不算是外來種生物
 - ③人類旅行、貿易活動日益頻繁，外來種問題將會越來越嚴重
 - ④將稀有植物的種子偷偷帶回國種植，可能帶來無法回復的生態浩劫
- (1) 9.下列哪個選項不是外來入侵種進入臺灣後產生的狀況？
- ①適應不良
 - ②會造成人類生病
 - ③對本土生物的生存造成很大威脅
 - ④會造成農漁林業損失
- (4) 10.下列哪個選項不是成為入侵種的條件？
- ①與原生地相似的環境條件
 - ②缺乏天敵和競爭對手
 - ③較強的繁殖力和適應力
 - ④躲藏能力強
- (1) 11.下列哪個選項不是引入外來種的主要理由？
- ①為了拯救即將滅絕的特有種
 - ②作為生物防治或科學研究用
 - ③供人類娛樂或觀賞用
 - ④農業貿易等經濟需求
- (2) 12.對於入侵種的定義，下列哪個選項正確？
- ①所有的外來種都是入侵種
 - ②外來種若影響當地其他生物生存，就是入侵種
 - ③經由人為方式引入者，就不是入侵種
 - ④當益蟲引入的外來種不會成為入侵種
- (2) 13.下列哪個敘述不是外來種生物對本土生態系的影響？
- ①外來種生物可能會入侵本土生態系，造成台灣原生種生物的危機
 - ②外來入侵種生物會和原生種生物競爭食物，而外來種生物則不會
 - ③外來種生物可能會破壞生態系中食物鏈的結構
 - ④所有外來入侵種生物都會破壞自然生態環境，進而影響原生種生物的棲息地

澳洲原來只有樹叢鼠，樹叢鼠不會爬樹，也不會傳染鼠疫，只會啃一些莊稼，對人類的危害不大。歐洲移民抵達澳洲以後，把歐洲的黑鼠也帶進了澳洲，歐洲黑鼠會爬樹，會吃樹上的小鳥，還會傳播鼠疫。

14. 請依據文意判斷「原生種生物」與「外來種生物」分別為哪種動物？

答：原生種生物：樹叢鼠

外來種生物：歐洲黑鼠

遭棄養的流浪貓犬漸漸在陽明山國家公園內形成龐大的族群，動物保育研究課專員黃光瀛指出，流浪貓犬對於一個處於生態平衡的國家公園而言，所扮演的生態角色常是「掠食者」，在沒有食物供給的野生環境中，流浪貓犬就會捕食野生動物充飢，也會傳染疾病給當地物種。

15.要解決陽明山上流浪貓犬的問題，最治本的方式是？

答：加強宣導民眾有正確的飼養觀念，不應任意遺棄、放生。

(全面撲殺非最佳方法)

生物多樣性專家警告，活躍在世界各地的外來種生物會加速貧窮化的腳步，並對發展中國家的農、林、漁業和自然系統造成威脅。目前，每4個哺乳動物中就有1個瀕臨滅絕的命運，每3小時就有一個物種從地球上消失，這些動物滅絕的原因有將近一半是因為外來入侵種生物所導致的結果。外來入侵種生物學家Ricciardi表示，外來入侵種就像是一種生物污染的形式，其影響社會的每個層面，就如同生物多樣性喪失一樣。

16. 外來種生物所帶來的影響日益劇增，請列出三種防治外來種生物的方法。

答：（符合題意皆可）

附錄三 外來種生物概念認知測驗專家意見統整

(4) 1. 對於外來種的定義，應該以 <u>哪種</u> 區分條件較為正確？ ①以國家為區分 ②以山脈來區分 ③以地理區來區分 ④以生態系來區分		審查結果				
		非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
內容 向度	<input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制					
認知 層次	<input checked="" type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見 欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師 意見：地理區如果不適合的話，可能要多詳細說明 回覆：當某一地區受到外來種入侵時，影響所及，往往不是只有單一族群，而是整個生態系，故以生態系作為區分最為恰當，故此部份暫不修改。					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師 意見：何種為→哪種 回覆：已修改。					√
	總分：27分 平均：4.5分	部分修改後採用				
(3) 2. 要防範外來種的衝擊，下列哪個對策是 <u>錯誤</u> 的？ ①政府應該立法管制外來進口物品，包括食物、種子、寵物 ② <u>舉辦生態課程，幫助民眾辨認原生種及外來種生物</u> ③促使原生種生物與外來種交配繁殖，以期同化外來種生物 ④對國民加強教育外來種知識的宣導		審查結果				
內容 向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知 層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input checked="" type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見 欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師 意見：選項②並非完全正確，推廣本土種生物，與防範外來種沒有太大的關係，防範外來種的根本就是阻絕入侵，與推廣本土種關聯不大，但相較於選項③，選項③是明顯的錯誤。 回覆：已修改。					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師 意見：但②的『推廣』，好像也怪怪的… 回覆：已修改。					√
	總分：25分 平均：4.2分	修改後採用				
(3) 3. 下列有關「外來種生物」會造成危害的理由，下列哪個選項是 <u>錯誤</u> 的？ ①花費龐大的經費與人力 ②帶來當地原本沒有的疫病 ③成為當地生物的新掠食對象 ④在野外自行大量繁殖，排擠當地原有生物的生存		審查結果				
內容 向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input checked="" type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知 層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5

意見欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師 意見：鯉魚吃福壽螺卵，經育種的鴨子，亦吃害蟲與福壽螺卵。此選項是否描述不夠完整？ 回覆：外來種生物成為當地生物的新掠食對象，比較不易成為危害生態的原因，故此部份暫不修改。				√	
	新北市○○國小○○○老師 意見：針對錯誤、不對、不是等負向問題，可以考慮在其下加底線 回覆：已修改。					√
總分：26分 平均：4.3分		部分修改後採用				
(3) 4. 下列哪個原因 不是 外來入侵種 進入 臺灣的主要管道？ ①貿易進口 ②隨著交通工具偷渡 ③候鳥過境時帶來 ④學術研究		審查結果				
內容向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知層次	<input checked="" type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師 意見：1. 候鳥過境時可能帶著身上的病菌、細菌，算不算也是一種外來管道呢？ 2. 抑或此題強調的是”主要”管道？ 回覆：著重於「主要」管道，故此部份暫不修改。			√		
	新北市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師 意見：登入建議改為『進入』 回覆：已修改。					√
總分：23分 平均：3.8分		部分修改後採用				
(2) 5. 針對「外來種」的定義，下列哪個選項是 錯誤 的？ ①某一種生物出現在原本不存在的自然環境中，叫做外來種生物 ②本來是棲息在深山的動植物，後來生長環境演化至平地的動植物也可以叫做外來種生物 ③不是原產於臺灣，而是經過各種管道來到台灣的生物 ④相對於本地種，即只要不是本地原有的物種，都叫做外來種		審查結果				
內容向度	<input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input checked="" type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師					√
總分：28分 平均：4.7分		採用				
(4) 6. 下列哪個做法 不能 有效防止外來種入侵？ ①成立外來種管制中心，隨時監控其繁殖與分布情形 ②建置外來種資訊網，隨時提供外來種資訊		審查結果				
		非	不	尚	適	非

③設置寵物、植物銀行，收容民眾棄養生物 ④以生物防治概念引進外來種天敵，以達到生態平衡		常不適當	適當	可	當	常適當	
內容向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響	<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input checked="" type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制					
認知層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 分析	<input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 綜合	<input checked="" type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 評鑑				
						1 2 3 4 5	
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√	
	高雄市○○國中○○○老師					√	
	高雄市○○國小○○○老師					√	
	新北市○○國小○○○老師					√	
	高雄市○○國小○○○老師				√		
	新北市○○國小○○○老師				√		
總分：28分		平均：4.7分		採用			
(3) 7. 我國農業委員會最近在對進口的農產品檢疫時，發現由美國華盛頓州進口的蘋果，部分有蟲洞，經檢驗，證實其中有活的『蘋果蠹蛾』的幼蟲，因而公告暫停進口該產區的蘋果。試問農業委員會是基於下列哪個原因而作此決定？ ①有蟲洞的蘋果不易保存 ②蠹蛾可能會傳染人類疾病 ③蠹蛾會侵襲臺灣種植的蘋果及梨 ④有蟲洞的蘋果，消費者的購買意願低		審查結果					
內容向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響	<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 分析	<input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 綜合	<input checked="" type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 評鑑				
						1 2 3 4 5	
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√	
	高雄市○○國中○○○老師						
	意見：答案二及答案三有可能造成受試者混淆 回覆：經查證後，修正答案為③，蠹蛾會大量農產品的損害。					√	
	高雄市○○國小○○○老師						
	意見：抱歉！此題我的答案是選3，我的考量點不是人類，而是從生物界的角度來思考；蠹蛾可能是一種原本不存在於台灣的外來種，台灣缺少其天敵，恐導致其大量繁殖，造成蘋果大量被啃食的農業損害。 回覆：(同上)。					√	
	新北市○○國小○○○老師					√	
高雄市○○國小○○○老師							
意見：第三選項改為蠹蛾會侵襲臺灣原生種蘋果及梨等類水果，是否會比較好一點？(除了蘋果及梨外，亦寄生於梅、李、桃、胡桃等水果。) 回覆：(同上)。					√		
新北市○○國小○○○老師						√	
意見：比較像『應用』層次 回覆：已修改。							
總分：25分		平均：4.2分		修改答案後採用			
(2) 8. 關於外來種生物的現象，下列哪個選項是錯誤的？ ①我們食用的農產品有一些是外來種生物 ②原生棲地因為人為因素改變，而遷移到其他地區的生物不算是外來種生物 ③人類旅行、貿易活動日益頻繁，外來種問題將會越來越嚴重 ④將稀有植物的種子偷偷帶回國種植，可能帶來無法回復的生態浩劫		審查結果					
內容向度	<input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響	<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知	<input type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 理解	<input type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 應用					

層次	<input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師				√	
	意見：如果棲地的改變是自然演化的過程呢？ 回覆：已修改。					
	新北市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師				√	
	新北市○○國小○○○老師 意見：主要是『成因』這個詞怪怪的。或許『現象』可以參考看看 回覆：已修改。			√		
總分：26分 平均：4.3分		修改後採用				
(1) 9. 下列哪個選項 不是 外來入侵種進入臺灣後產生的狀況？ ①適應不良，很快消失 ②會造成人類生病 ③對本土生物的生存造成很大威脅 ④會造成農漁林業損失		審查結果				
內容向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師				√	
	新北市○○國小○○○老師			√		
總分：27分 平均：4.5分		採用				
(4) 10. 下列哪個選項 不是 成為入侵種的條件？ ①與原生地相似的環境條件 ②缺乏天敵和競爭對手 ③較強的繁殖力和適應力 ④躲藏能力強		審查結果				
內容向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師				√	
	高雄市○○國小○○○老師					√
	新北市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師				√	
	新北市○○國小○○○老師					√
	意見：之一可以刪掉 回覆：已修改。					√
總分：27分 平均：4.5分		修改後採用				
(1) 11. 下列哪個選項 不是 引入外來種的主要理由？ ①為了拯救即將滅絕的特有種 ②作為生物防治或科學研究用 ③供人類娛樂或觀賞用 ④農業貿易等經濟需求		審查結果				
內容向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響 <input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常不適當	不適當	尚可	適當	非常適當
認知層次	<input checked="" type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 綜合 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5
意見欄	台南市○○國小○○○老師					√
	高雄市○○國中○○○老師					√
	高雄市○○國小○○○老師					√

	新北市○○國小○○○老師									√
	高雄市○○國小○○○老師									√
	新北市○○國小○○○老師 意見：原因建議改為『考量』或者是『理由』 回覆：已修改。									√
總分：28分		平均：4.7分		採用						
(2) 12. 對於入侵種的定義，下列哪個選項正確？ ①所有的外來種都是入侵種 ②外來種若影響當地其他生物生存，就是入侵種 ③經由人為方式引入者，就不是入侵種 ④當益蟲引入的外來種不會成為入侵種		審查結果								
內容 向度		<input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物的定義		<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因		<input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響		<input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制		
認知 層次		<input checked="" type="checkbox"/> 知識		<input type="checkbox"/> 理解		<input type="checkbox"/> 應用		<input type="checkbox"/> 分析		
		<input type="checkbox"/> 綜合		<input type="checkbox"/> 評鑑						
意見 欄	台南市○○國小○○○老師									√
	高雄市○○國中○○○老師									√
	高雄市○○國小○○○老師									√
	新北市○○國小○○○老師									√
	高雄市○○國小○○○老師									√
	新北市○○國小○○○老師									√
總分：28分		平均：4.7分		採用						
(2) 13. 下列哪個敘述 不是 外來種生物對本土生態系的影響？ ①外來入侵種生物會和原生種生物競爭食物 ②所有外來種生物都會入侵本土生態系，造成台灣原生種生物的危機 ③外來種生物可能會破壞生態系中食物鏈的結構 ④有些外來種生物會破壞自然生態環境，進而影響原生種生物的棲息地		審查結果								
內容 向度		<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義		<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因		<input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響		<input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制		
認知 層次		<input type="checkbox"/> 知識		<input type="checkbox"/> 理解		<input checked="" type="checkbox"/> 應用		<input type="checkbox"/> 分析		
		<input type="checkbox"/> 綜合		<input type="checkbox"/> 評鑑						
意見 欄	台南市○○國小○○○老師									√
	高雄市○○國中○○○老師									√
	高雄市○○國小○○○老師									√
	新北市○○國小○○○老師									√
	高雄市○○國小○○○老師									√
	新北市○○國小○○○老師									√
總分：27分		平均：4.5分		採用						
澳洲原來只有「樹叢鼠」，樹叢鼠不會爬樹，也不會傳染鼠疫，只會啃一些莊稼，對人類的危害不大。歐洲移民抵達澳洲以後，把歐洲的黑鼠也帶進了澳洲，歐洲黑鼠會爬樹，會吃樹上的小鳥，還會傳播鼠疫。 14. 請依據文意判斷「原生種生物」與「外來種生物」分別為何？ 答：原生種生物：樹叢鼠 外來種生物：歐洲黑鼠		審查結果								
內容 向度		<input checked="" type="checkbox"/> 外來種生物的定義		<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因		<input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響		<input type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制		
認知 層次		<input type="checkbox"/> 知識		<input type="checkbox"/> 理解		<input checked="" type="checkbox"/> 應用		<input type="checkbox"/> 分析		
		<input type="checkbox"/> 綜合		<input type="checkbox"/> 評鑑						
意見	台南市○○國小○○○老師									√
	高雄市○○國中○○○老師									√

欄	高雄市○○國小○○○老師								√
	新北市○○國小○○○老師								√
	高雄市○○國小○○○老師							√	
	新北市○○國小○○○老師							√	
總分：28分		平均：4.7分		採用					
<p>遭棄養的流浪貓犬漸漸在陽明山國家公園內形成龐大的族群，動物保育研究課專員黃光瀛指出，流浪貓犬對於一個處於生態平衡的國家公園而言，所扮演的生態角色常是「掠食者」，在沒有食物供給的野生環境中，流浪貓犬就會捕食野生動物充飢，也會傳染疾病給當地物種。</p> <p>15. 你認為要解決陽明山上流浪貓犬的問題，最治本的方式是？ 答：加強宣導民眾有正確的飼養觀念，不應任意遺棄、放生。 (全面撲殺非最佳方法)</p>		審查結果							
內容 向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響	<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input checked="" type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常 不適 當	不 適 當	尚 可	適 當	非常 適 當		
認知 層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input checked="" type="checkbox"/> 分析	<input type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 綜合	<input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5	
意見 欄	台南市○○國小○○○老師								√
	高雄市○○國中○○○老師								√
	高雄市○○國小○○○老師								√
	新北市○○國小○○○老師								√
	高雄市○○國小○○○老師							√	
	新北市○○國小○○○老師							√	
總分：28分		平均：4.7分		採用					
<p>生物多樣性專家警告，活躍在世界各地的外來種生物會加速貧窮化的腳步，並對發展中國家的農、林、漁業和自然系統造成威脅。目前，每4個哺乳動物中就有1個瀕臨滅絕的命運，每3小時就有一個物種從地球上消失，這些動物滅絕的原因有將近一半是因為外來入侵種生物所導致的結果。外來入侵種生物學家Ricciardi表示，外來入侵種就像是一種生物污染的形式，其影響社會的每個層面，就如同生物多樣性喪失一樣。</p> <p>16. 外來種生物所帶來的影響日益劇增，請列出三種防治外來種生物的方法。 答：(符合題意皆可)</p>		審查結果							
內容 向度	<input type="checkbox"/> 外來種生物的定義 <input type="checkbox"/> 外來種生物造成的影響	<input type="checkbox"/> 外來種生物產生的原因 <input checked="" type="checkbox"/> 外來入侵種生物的防治與抑制	非常 不適 當	不 適 當	尚 可	適 當	非常 適 當		
認知 層次	<input type="checkbox"/> 知識 <input type="checkbox"/> 分析	<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input type="checkbox"/> 綜合	<input type="checkbox"/> 應用 <input type="checkbox"/> 評鑑	1	2	3	4	5	
意見 欄	台南市○○國小○○○老師								√
	高雄市○○國中○○○老師								
	意見：題目中給予的訊息太多，容易給人一知半解的感覺 回覆：題目主要在於呈現外來種生物對地球生態的嚴重性，已修改字、句，使其更容易閱讀。					√			
	高雄市○○國小○○○老師								√
	新北市○○國小○○○老師								√
	高雄市○○國小○○○老師							√	
	新北市○○國小○○○老師 意見：這段文字描述稍深奧了一些... 回覆：(同上)。							√	
總分：26分		平均：4.3分		修改後採用					

附錄四 外來種生物概念行為意向量表內容

題號	得分	題目及選項
1.		當你有人發現非法販買外國藥材、奇珍異獸時，你會？
		4 主動通報，並確認其受到法律制裁
		3 主動通知家長及師長，請求協助通報
		2 假裝不知道，避免惹禍上身
		1 主動接洽，希望可以購買
2.		關於外來種生物防治政策的政治活動，你會？
		1 不予理會，我最討厭政治了
		3 支持立法保護台灣的本土種及特有種生物
		2 支持父母投票給生態保育政策的候選人
		4 積極表達意見，請求訂定利於防治外來種生物的決策
3.		關於防治外來入侵種的相關活動，你會？
		1 不參加，完全沒有興趣
		2 親友邀約才會參與
		4 積極參與，並邀請親友一同參加
		3 有時間就會主動參加
4.		當你想要種植植物時，你會？
		4 確認環境，挑選不會破壞生態的植物
		2 不管產地，選擇喜歡的
		3 推廣使用本土植物
		1 挑國外進口稀有珍貴的
5.		關於新聞、雜誌上出現的外來種生物的相關議題，你會？
		1 跳過不看
		2 簡單瀏覽，瞭解其內容
		4 仔細閱讀，積極瞭解並向朋友宣導外來種生物相關知識
		3 仔細閱讀，甚至主動參與相關展覽及活動
6.		如果你的親友不想再飼養外來種動物了，你會？
		4 強力阻止，不要任意放生、棄養
		1 告訴親友，讓牠回到大自然繼續生活
		2 什麼都不做，不要影響到我就好
		3 將外來種動物帶回去飼養，好好愛護
7.		如果你的親友想要從國外攜帶當地農產品回台灣，你會？
		1 拜託他多帶一份給你
		4 強力阻止，並告訴他這麼做可來會帶來生態浩劫
		2 不阻止，因為不是我的事
		3 勸告他，希望他改變主意

8. 家裡養的小老鼠越生越多，食物需求越來越大，你會？

- 1 偷偷放養在附近的草地，讓牠們自生自滅
- 2 萬不得已，才將他們送至寵物銀行
- 3 分送給想好好照顧小老鼠的人
- 4 將牠們結紮，負起養育的責任，決不任意棄養

9. 在野外發現疑似外來入侵種的植物，你會？

- 3 主動剷除它
- 1 帶回去種植
- 4 告訴相關單位，請他們來做處理
- 2 什麼都不做

10. 面對維護平常生活的環境，你會？

- 1 漠不關心，我依然過得很好
- 4 積極參與生態環境保育的工作，例如：宣導外來種生物防治理念
- 3 避免做出破壞生態環境的行為，例如：不參與放生活動
- 2 老師提醒才會做好

附錄五 外來種生物概念學習成效測驗

性別：□男 □女 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

親愛的同學，你(妳)好！這份測驗是想瞭解你(妳)對於外來種生物概念的理
解程度，並不會列入成績考核中，請放心作答。總共16題，請注意不要漏填。

- (2) 1.依據外來種生物的定義，下列哪個選項是正確的區分條件？
①以山脈來區分
②以生態系來區分
③以地理區來區分
④以國家為區分
- (2) 2.要預防外來種生物所造成的危害，下列哪個策略是**錯誤**的？
①政府必須嚴格管制外來進口物品
②協助原生種生物與外來種生物交配繁殖來同化外來種生物
③舉辦外來種生物防治活動，以加強宣導外來種生物的知識
④藉由生態課程，幫助學生認識原生種及外來種生物
- (2) 3.關於「外來入侵種生物」可能造成的危害，下列哪個選項是**錯誤**的？
①造成疾病傳染
②成為被掠食對象
③排擠原生種生物
④金錢、人力及資源的龐大花費
- (4) 4.外來種生物進入臺灣的主要管道**沒有**包含下列哪個選項？
①偷渡
②貿易進口
③農業引入
④候鳥過境時帶來
- (2) 5.下列哪個選項對於「外來種生物」的描述是**錯誤**的？
①只要不是本地原有的物種，都稱為外來種生物
②因為自然演化而改變棲地的生物，亦稱為外來種生物
③在某一生態系中出現原本不存在的生物，就叫做外來種生物
④原產於臺灣以外的地方，經過各種管道進來臺灣的生物就是外來種
生物
- (4) 6.下列哪一種防治的方法**不能**有效阻止外來種生物的入侵？
①設置寵物、植物銀行，收容民眾棄養生物
②建置外來種資訊網，隨時提供外來種資訊
③成立外來種管制中心，隨時監控其繁殖與分布情形
④以生物防治概念引進外來種天敵，使其達到生態平衡
- (4) 7.近年來白腰鵲鴝野外族群激增，雲林縣山區已出現繁殖情形，白腰鵲鴝
的領域性強烈，且築巢習性與本土留鳥相近，因此雲林縣野鳥學會與林
務局、特有生物研究中心合作，將進行移除白腰鵲鴝計畫，捕捉白腰鵲
鴝，降低族群數量。試問野鳥學會與林務局是基於下列哪個原因而作此
決定？
①避免白腰鵲鴝掠食原生種鳥類
②避免白腰鵲鴝傳染疾病給原生種鳥類
③避免白腰鵲鴝造成雲林縣農業的經濟損失
④避免白腰鵲鴝族群擴大，威脅當地的生物多樣性

- (2) 8.白頭翁因為人為放生及地理隔離機制消失，因而擴張到東半部，進入烏頭翁分布區內；福壽螺引進台灣繁殖飼養後，因為肉質不符國人需求而遭棄養；美國螯蝦早期由水族業者或養殖業者引進供觀賞兼作肉食用，由於體型小且觀賞價值不高，而遭任意棄養；紅耳泥龜由美國引進做為寵物，後來由於人類棄養及放生等行為進入野外。關於上述臺灣外來種生物的成因，下列哪個選項是正確的？
- ①白頭翁：農業活動引進、人為放生
 ②美國螯蝦：娛樂觀賞引進、人為棄養
 ③福壽螺：貿易引入、原生棲地改變
 ④紅耳泥龜：偷渡、人為放生
- (4) 9.外來入侵種生物進入臺灣後不會產生下列哪種狀況？
- ①造成農漁林業損失 ②造成人類或生物生病
 ③對原生種生物造成生存威脅 ④無法適應新環境而逐漸滅絕
- (3) 10.下列哪個選項比較不符合外來種生物成為入侵種的條件？
- ①沒有天敵和競爭對象 ②與原生棲地相似的環境
 ③較強的躲藏能力 ④繁殖力和適應力強
- (4) 11.下列哪個選項不是引入外來種生物的主要原因？
- ①科學研究用 ②娛樂及觀賞用
 ③經濟上的需求 ④拯救特有種生物
- (3) 12.對於入侵種的描述，下列哪個選項是正確的？
- ①所有的外來種生物都會成為入侵種
 ②藉由生物防治引進的外來種生物，不會成為入侵種
 ③若會影響到原生種生物生存的外來種生物，就是入侵種
 ④如果不是經由人為方式引入的外來種生物，就不是入侵種
- (2) 13.近兩年內由歐洲大陸入侵英國的小丑瓢蟲比原生種的瓢蟲要大上許多，會把大部分的蚜蟲捕食一空，使得原生種瓢蟲挨餓，並且在消耗完所有的蚜蟲資源後，很可能會將目標轉向原生種瓢蟲，造成原生種瓢蟲的滅絕；此外，牠們也可能咬傷水果造成農業災害。請問下列哪個選項不是「外來種生物」小丑瓢蟲對英國及原生種瓢蟲造成的影響？
- ①掠食 ②疾病傳染
 ③競爭與排擠 ④農漁林業損失

因民眾任意在日月潭放生觀賞用的玻璃魚和紅魔鬼魚，這群專吃魚卵的「水中盜匪」，已使南投縣日月潭昔日盛產，俗稱總統魚的曲腰魚與奇力魚數量銳減，瀕臨滅絕厄運。

14. 日月潭內的「外來種生物」是那兩種動物？「原生種生物」是那兩種動物？

答：原生種生物：曲腰魚、奇力魚

外來種生物：玻璃魚、紅魔鬼魚

許多外來入侵種的問題，不少是起因於一般民眾的無「心」之過或放生，福壽螺原本引進作為食材，不被市場接受後，被隨意丟棄於稻田；水族箱裡的琵琶鼠魚，遭飼主棄養，美其名為「放生」，但目前卻佈滿了包括高屏溪、冬山河在內等臺灣重要河川。

15. 除了政府的推動外，我們應該要有什麼樣的觀念才能有效防治外來種生物帶來的危害？

答：加強宣導民眾有正確的飼養觀念，不應任意遺棄、放生；拒絕引入外來種生物。

紅火蟻不但在其他國家掀起了許多紛擾風波，同時也造成了經濟上、農業上的許多損失。隨著國際貿易的發展，在周遭與我國有著往來關係的國家已經遭到紅火蟻的肆虐時，臺灣其實很難保存完璧之身，置身事外。這次紅火蟻事件引起如此大的關注，究其原因，可說是由於紅火蟻對人類產生立即性危害之故。然而，外來種生物所造成的問題並不只有紅火蟻咬人造成生命的危害，其他如蔓澤蘭無聲吞噬山林、琵琶鼠與福壽螺靜悄悄地侵入臺灣水域等等，正凸顯當前生物防治的不足。

16. 請列出三種可以有效防治外來種生物的方法，以降低外來種生物對生態環境所帶來的危害。

答：（符合題意皆可）

附錄六 自然與生活科技領域與科技學習態度量表

性別：□男 □女 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

親愛的同學，你(妳)好！這份量表是用來瞭解你(妳)上完這堂課後對於學習自然與生活科技領域，以及透過貓島歷險記進行學習的看法，沒有標準答案，也不會影響你(妳)的學業成績，你(妳)可以放心地回答問題。共21題，請根據你(妳)個人的感受，圈選最適切的答案，其中1代表非常不同意、2代表不同意、3代表部分同意、4代表同意、5代表非常同意。每題只能圈選一個選項，請不要重複或漏填。

	非常 不同意	不 同意	部 分 同 意	同 意	非 常 同 意
1. 我有一顆很會學習自然的頭腦。	1	2	3	4	5
2. 我知道我能處理困難的自然問題。	1	2	3	4	5
3. 我對於學習自然很有信心。	1	2	3	4	5
4. 我會嘗試著回答自然老師提出的問題。	1	2	3	4	5
5. 如果我自然題目寫錯，我會直到找到正確答案為止。	1	2	3	4	5
6. 如果我不知道如何回答一道自然題目，我會一直嘗試不同的解決方法。	1	2	3	4	5
7. 我很有興趣學習新的自然概念。	1	2	3	4	5
8. 學習自然是一件很愉快的事情。	1	2	3	4	5
9. 當我回答出一道自然問題時，我會獲得滿足感。	1	2	3	4	5
10. 我很會使用電腦。	1	2	3	4	5
11. 我會解決很多電腦問題。	1	2	3	4	5
12. 我能掌握學校要我學習的各種電腦軟體。	1	2	3	4	5
13. 我覺得用貓島歷險記來上課，讓我比較有意願學習自然。	1	2	3	4	5
14. 透過貓島歷險記的學習後，讓我更喜歡上自然課程。	1	2	3	4	5
15. 透過貓島歷險記的學習後，我願意花更多時間學習自然。	1	2	3	4	5
16. 我覺得用貓島歷險記的上課方式，讓我比較能掌握自然學習重點。	1	2	3	4	5
17. 透過貓島歷險記的學習後，我對自然有更清楚的理解。	1	2	3	4	5
18. 透過貓島歷險記的學習後，讓我瞭解到自然的重要。	1	2	3	4	5
19. 如果可以的話，我想要繼續使用貓島歷險記來學習自然。	1	2	3	4	5
20. 我覺得透過貓島歷險記來學習自然是容易理解的。	1	2	3	4	5
21. 整體而言，我很滿意使用貓島歷險記來學習自然。	1	2	3	4	5

~量表結束，感謝你(妳)的填答~