

## 國小自然科教師學習兩種探究式教學法與抉擇應用

盧秀琴\* 劉靜文

### 摘要

因應 12 年國教強調探究與實作的改革，本研究以「昆蟲生理學特論」課程培育 14 位國小自然科教師兩種探究式教學法，探討其學習成效與抉擇應用的考量。本研究培育內容包含：講授昆蟲學理論、探究式教學法理論、示範教學，以及國小自然科教師抉擇一種教學法設計實驗教案與微型教學，並設計戶外教學學習單；本研究使用 PO+E 微型教學評量或 POEST 微型教學評量予以評量，並訪談他們抉擇應用探究式教學法的想法。結果顯示：一、四組使用 PO+E 教學法微型教學，三組使用 POEST 教學法微型教學，評量達到優良等級，表示能掌握探究式教學法的精髓。二、自然科教師學習探究式教學法後，所設計的教案能先鋪陳教學情境，使用簡報建構基本知識後再讓學生預測；其次、設計的實驗包含探究與實作，讓學生根據實驗紀錄去修正預測的錯誤理由。三、自然科教師抉擇 PO+E 教學法是因為「科學解釋能力」六格容易撰寫，探討「科學原理」使得科學實驗更有意義。四、自然科教師抉擇 POEST 教學法是因為能引導學生使用 2 個實驗證據證明自己的主張，避免淪為主觀。

關鍵詞：探究與實作、探究式教學法、PO+E 教學法、POEST 教學法

---

\* 盧秀琴，國立臺北教育大學自然科學教育學系教授（本文通訊作者）

劉靜文，新北市自強國小教師

電子信箱：luchowch@tea.ntue.edu.tw

來稿日期：2020 年 2 月 6 日；修稿日期：2020 年 6 月 1 日；採用日期：2021 年 3 月 22 日

# The Primary Science Teachers Learn Two Kinds of Inquiry Teaching Methods and Choice Application

Chow-Chin Lu\* Ching-Wen Liu

## Abstract

In response to Taiwan's 12-year Basic Education plan, which emphasizes the reform of inquiry and implementation, this study used an "Advanced Entomology Physiology" course to train 14 primary science teachers to study two methods of inquiry teaching, where the teachers observed the learning effectiveness of the two methods, and selected the application they felt met their teaching needs. The nurturing contents included: teaching the theory of entomology and two inquiry-based teaching methods, as well as demonstration teaching, then the primary science teachers selected their preferred teaching method to design teaching and micro-teaching plans. This study used the Micro Teaching Assessment of PO+E (MTAP) and the Teaching Assessment of PO+E, as well as scientific explanations with text scaffolding (MTAPS), to evaluate the micro-teaching plans, and interviewed the participants regarding their thoughts.

The results, are as follows. First, four groups selected the PO+E teaching method for micro-teaching, while three groups selected the POEST teaching method for micro-teaching. The assessment results achieved the excellent level, indicating that they could master the inquiry teaching methods. Second, after learning the two inquiry teaching methods, the primary science teachers first arranged their teaching situations and constructed lessons regarding the basic required knowledge, and then encouraged the students to predict the outcomes. The teachers found that they could design inquiry guidelines, as implement experiments, and remind students to correct the wrong reasons for their predictions, as based on the experimental records. Third, some primary science teachers selected the PO+E teaching method because the "science interpretation ability" made it easy to write lesson plans, and the exploration of "scientific theory" in class made the scientific experiments more meaningful. Fourth, primary science teachers selected the POEST teaching method because they could guide lines for students to apply 2 experimental evidence methods to prove their claims and avoid becoming subjective.

**Keywords:** Inquiry-Based Teaching, Inquiry and Implementation, PO+E Teaching Method, POEST Teaching Method

---

\* Chow-Chin Lu      Professor, Department of Natural Science Education, National Taipei University of Education (Corresponding author)

Ching-Wen Liu      Teacher, Ziqiang Elementary School, New Taipei City

E-mail: luchowch@tea.ntue.edu.tw

Manuscript received: February 6, 2020; Modified: June 1, 2020; Accepted: March 22, 2021

## 壹、前言

### 一、研究的理念和重要性

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要提及「科學學習的方法應該激發學生對科學的好奇心與主動學習，進行主動探索，使學生能具備科學知識、探究實作與科學論證溝通的能力」(教育部，2019)；顯然自然科教師應具備引導學生「探究與實作」的能力。近年教育部開始重視國小自然領域應該由自然專長的教師擔任，於是教育部推動自然領域的專長認證，並在很多地方舉辦自然科專長教師的甄選。自然科教師接受探究式教學法的培育，較能在國小進行探究式教學，進行「探究與實作」的實驗引導學生高層次的思考，較有機會甄選上自然科教師(盧秀琴、徐于婷，2016)。Lederman 與 Lederman (2005) 的研究說明學生的科學探究經驗多來自課堂教師所提供的經驗，學生的提問也多與課堂學習和生活經驗相關；所以教師應建構出適合探究的情境，使探究成為教室課堂中科學活動的主要過程。但目前國小自然科教師仍有很大的比例不具備科學專業的背景，雖然能帶領學生依照課本操作食譜式實驗與回答課本問題，但引導「探究與實作」的實驗設計能力顯得不足(桑顯舜、林淑楞，2019)。所以，本研究培育國小自然科教師學習探究式教學法後，期能在自然科課堂中引導國小學生進行「探究與實作」的實驗，培養高層次的思考。

探究式教學法有很多種，例如：5E 教學法(Bybee, 2009)，預測、觀察、解釋

(Predict-Observation-Explanation, POE) 教學法(Gunstone & White, 1981)，5Why 鷹架式提問教學法(盧秀琴、洪榮昭、蔡春微，2008)，6E 教學法(Barry, 2014) … 等。中小學自然科教師經常使用 POE 教學法進行實驗教學(邱彥文、黃世傑、王國華，2002；楊凱悌、邱美虹、王子華，2009)，但許多 POE 教學法的實徵研究發現學生還是習慣於實驗結果表象的簡單解釋，或使用自己的生活經驗做解釋，而不是使用科學原理或尋找證據去解釋；即學生缺乏科學解釋能力，很少能將觀察到的實驗結果與所學過的科學原理作連結，進而提出合理的科學概念解釋(許良榮、羅佩娟，2009；盧秀琴、徐于婷，2016；謝州恩、吳心楷，2005；McNeill, Lizotte, Krajcik, & Marx, 2006)。面對以上 POE 教學法的困境，Lu (2016, 2018)、盧秀琴與谷冰(2019)陸續提出預測、觀察、科學解釋能力(Prediction-Observation- more Explanation, PO+E) 教學法以加強「探究與實作」實驗的科學解釋能力，並應用於國小師資生的培育，發現國小學生確實能增強科學解釋能力(盧秀琴、黃奕升，2019)。但 PO+E 教學法的缺點是需要花較長的時間引導學生學習，自然科教師可能陷入趕進度的困境中。McNeill 等人(2006)認為 POE 教學法可以加入簡易的論證，即主張(Claim) - 證據(Evidence) - 推理(Reasoning)，以加強科學解釋能力；盧秀琴與蔡幸如(2019)提出 POE & 科學解釋文字鷹架(POE & scientific explanations with text scaffolding, POEST) 教學法，即在解釋之後加強主張 - 證據 - 推理，教師如能適當的使用則較能節

省時間，舒緩自然科教師趕進度的壓力。也有學者提出 POQE 教學法，在實驗觀察完畢後先測驗 (Quiz) 再做解釋以增強學生的注意力 (Hong et al., 2019)。

國小自然領域的課程除了課堂的實驗操作外，戶外教學也是一種很重要的學習方法，強調使用五個感官進行觀察和知覺，學習人和自然的關係 (黃茂在、曾鈺琪，2011)。針對 12 年國教強調探究實作與科學論證溝通的能力，本研究帶領研究生進行戶外教學體驗「探究與實作」的論證思考後，想培育他們選擇以 PO+E 教學法或 POEST 教學法設計戶外教學學習單，觀察其後設認知，是否能將戶外教學所觀察到的生物習性、特徵構造、生物之間的關係，轉化成能教導國小學生的戶外教學學習單。基於上述的探討，本研究以「昆蟲生理學特論」一學期的課程培育國小自然科教師，想要了解國小自然科教師學習這兩種探究式教學法設計實驗教案、微型教學、戶外教學學習單的成效為何？依據自然科教師個人的好惡需求和教學的有效性，會抉擇應用 PO+E 教學法還是 POEST 教學法？抉擇的理由是什麼？綜合所有的研究結果可提供給師資培育機構做參考。

## 二、研究目的

本研究因應 12 年國教改革，以 PO+E 與 POEST 兩種探究式教學法培育國小自然科教師，自然科教師抉擇應用一種探究式教學法設計「探究與實作」實驗與微型教學，並設計戶外教學學習單；本研究探討其學習成效與抉擇應用的考量。因此，本研究探討下

列兩個問題：(一) 自然科教師學習兩種探究式教學法與微型教學，成效如何？(二) 自然科教師抉擇哪一種探究式教學法，應用於自然科課程？

## 貳、文獻探討

### 一、探究與實作

探究與實作的相關教育理論包含：建構主義 (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994)、社會建構主義 (Rogoff, 1990) 與情境學習理論 (Brown, Collins, & Duguid, 1989)。

美國國家研究委員會 (National Research Council, NRC, 2000) 說明科學探究需要引導學生進行觀察、提出問題、規劃與進行實驗、蒐集與分析資料、根據資訊形成合理解釋等。教育部 (2019) 明訂「探究與實作」課程要能培養思考智能與問題解決的核心素養，自然科教師進行探究與實作必須使用探究式教學法，深度訪談自然科教師探討其會使用探究式教學法的條件是 1. 引導學生進行活潑且有趣的科學探究，2. 學生必須分擔學習責任，3. 使課堂變得更有趣，學生更願意學習，4. 學習評量效果變更好 (曾崇賢、段曉林、靳知勤，2011)。因此，自然科教師必須引導學生有興趣探究所要解決的問題，才能促使學生持續進行探究活動 (Edwards, 1997)。Wu 與 Hsieh (2006) 認為進行「探究與實作」教學時，教師必須布置「可探究的情境」給學生，並根據學生的認知情況適時搭鷹架，才能幫助學生持續性探究以建構科學知識與技能。「探究與實作」也應該強調「實作」的重要性，教師要引導學生動手做

(hands-on)，小組合作學習共同參與建構科學知識(minds-on)的過程也是「實作」的重點(顧炳宏、陳瓊森、溫熾純, 2011)。所以，「探究與實作」課程的實驗主題應選擇「可以做」和「取材自生活」做為考量，教師要先了解學生的能力、需求、興趣後，再訂定學習目標及規劃教材和評量(陳竹亭, 2016)。

## 二、改進 POE 探究式教學法

探究式教學法是自然科學領域非常重視的教學法，美國科學促進學會(American Association for the Advancement of Science, AAAS, 1967)發展「科學 - 過程取向」課程(Science - A Process Approach, SAPA)，目標是讓學生經歷科學的過程，學會像科學家一樣的思考及行動(Berl, 1968)；學生經過探究式學習能獲得較佳的科學概念與思考智能(Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1988; Abdi, 2014)。Gunstone 與 White (1981)提出 POE 教學法並持續的修正，能廣泛的應用於自然領域的教學(邱彥文等, 2002; 楊凱悌等, 2009; White & Gunstone, 1992)。但中小學自然科教師實施 POE 教學法，仍舊發現多數中小學學生對於科學解釋還是表面化，只能描述現象的本身，對於科學原理不夠充分了解，對現象因果關係的連結與解釋不合乎邏輯與一致性(林燕文、洪振方, 2007; 許良榮、羅佩娟, 2009; 盧秀琴、徐于婷, 2016; McNeill et al., 2006)。於是，有很多學者針對學生無法提出深入的科學解釋，提出改進 POE 教學法，例如：邱美虹(2000)認為學生改變另有科學概念的過程是很困難的，需要 POE 教學法搭配不同策略(如模擬、動手做、

模型)以幫助學生的學習。許良榮、羅佩娟(2009)提出序列性 POE 教學法，學生經由相類似的多個序列性實驗以增強科學解釋能力。本研究也針對改進 POE 教學法研究數年，提出 PO+E 教學法，將「解釋」修正為「科學解釋能力，+E」，說明如下：1.「實驗過程」，目的是讓學生回顧自己怎麼做實驗；2.「實驗結果」，目的是讓學生將實驗結果去比對當初的預測是否正確；3.「科學原理或證據」，目的是讓學生尋找能支持此實驗結果的科學原理或證據；4.「對該實驗下結論」，目的是讓學生能根據科學原理來下結論；5.「尋找例外」，目的是讓學生了解結論不是通論，可能有例外的情形；6.「提出主張」，目的是讓學生對該實驗下結論時能考慮例外的情形(Lu, 2016, 2018)。國小自然科教師和師資生接受 PO+E 教學法培育後，能成功使用於自然領域教學，有助於提升國小學生的科學解釋能力(盧秀琴、谷冰, 2019; 盧秀琴、黃奕升, 2019)。

McNeill 等人(2006)認為在 POE 實驗後增加簡易論證的要素：主張 - 證據 - 推理等，能增強科學解釋；「主張」是實驗的答案，「證據」是科學的資料，可以被用來支持「主張」；科學家對科學證據的選擇和使用會受到他們對於科學原理解程度之影響。盧秀琴與蔡幸如(2019)針對改進 POE 教學法而提出 POEST 教學法：1. 主張：根據觀察的結果寫出對這個實驗的主張；2. 證據：提出至少兩個證據支持主張；3. 推理：用邏輯推理的句子來描述證據如何支持主張。研究發現國小自然科教師和師資生接受 POEST 教學法的培育後，在國小進行實



驗教學時，確實能引導國小學生使用實驗的證據支持主張，並推理出主張與證據的關係，達到更完整的科學解釋能力（盧秀琴、劉靜文，2018；Lu, 2019）。PO+E 教學法和 POEST 教學法都能改進 POE 教學法，增強學生的科學解釋能力；其差異性為 PO+E 教學法強調做完實驗後，再複習一次實驗過程、實驗結果，尋找科學原理來下結論，並思考可能的例外再提出主張；POEST 教學法沒有複習實驗過程、實驗結果，就直接提出自己的主張，但要從實驗中尋找兩個證據支持自己的主張（盧秀琴、谷冰，2019；盧秀琴、黃奕升，2019；盧秀琴、蔡幸如，2019）；本研究想要探討自然科教師如何抉擇應用於自然領域的教學，研究結果可做為以後培育師資的參考使用。

## 參、研究方法

### 一、研究設計

本研究採方便取樣，選擇修習「昆蟲生理學特論」課程的國小自然科教師培育之，說明如下：1. 首先 3 週教授 PO+E 教學法與 POEST 教學法理論，並示範兩種探究式教學，讓自然科教師學習怎麼運用此兩種探究式教學法，將課程設計整理如表 1 所示。2. 講授 5 週「昆蟲生理學」理論課程，接著 5 週共 7 組自然科教師抉擇一種探究式教學法設計昆蟲實驗教案並微型教學，聘請專家使用「PO+E 微型教學評量表」（Micro Teaching Assessment of PO+E, MTAP）或「POE & 科學解釋文字鷹架微型教學評量表」（Micro Teaching Assessment

of POE & Scientific explanations with text scaffolding, MTAPS）進行評量；晤談各組教師採用此探究式教學法的看法。3. 接著 3 週進行福山植物園、臺大生態池的戶外教學，帶領自然科教師進行「探究與實作」並撰寫學習單，最後 2 週自然科教師利用福山植物園、臺大生態池所觀察到的生物，設計戶外教學學習單並上臺發表，晤談各組教師採用此探究式教學法的看法。本研究分析各組設計的探究式教學教案、MTAP 與 MTAPS 評量、戶外教學學習單，搭配半結構式晤談、教師省思札記等，探討國小自然科教師如何學習兩種探究式教學法與抉擇應用。

自然科教師將所設計的教案進行微型教學時，採用 MTAP 或 MTAPS 進行評量，可聘請兩組學者專家評量以建立評分者信度，評量該教師微型教學的內容是否符合 PO+E 教學法、POEST 教學法的每一個內容向度，並可分析其優劣差異與改進意見（張芬芬，2010；盧秀琴、谷冰，2019；盧秀琴、黃奕升，2019；盧秀琴、蔡幸如，2019）。

### 二、研究對象

本研究採方便取樣，以獲准修讀某國立教育大學自然科學教育系所，「昆蟲生理學特論」課程之 14 位國小自然科教師為研究對象，分成 7 組，每組 2 人，各組的大學背景與任教相關經驗說明如表 2 所示。這些自然科教師都在學校任教自然科再進入研究所進修，因此自然科教師經由本研究培育後，如何使用探究式教學法設計教案與微型教學具有參考價值。

### 三、研究工具

#### (一) PO+E 微型教學評量表 (MTAP)

本研究採用盧秀琴與谷冰(2019)所編製的評量表,藉以評量自然科教師 PO+E 教學法的微型教學。MTAP 屬於

半開放式評量表,分為 4 個評量向度:預測 (P)、實驗觀察(O)、科學解釋能力(+E)、整體表現等,每個向度有 5-6 題的評量內容,共 21 題;每題給分標準為「優」給 5 分,「良」給 4 分,「普通」給 3 分,「差」給 2 分,「很差」給 1 分;最後「總評與回饋」為空白欄

**表 1：不同探究式教學法示範教案設計與教學內容分析**

探究式教學法	示範教案設計與教學內容分析
PO+E 教學法	1. 教學情境：介紹黃斑黑蟋蟀跟臺灣大蝗蟲。
1. 解釋 PO+E 教學法能補充學生「科學解釋能力」的不足。	2. 預測：黃斑黑蟋蟀跟臺灣大蝗蟲是運用何種方式發聲的？為什麼？
2. 「不同直翅目的昆蟲是運用何種方式發聲的？」	3. 實驗觀察：影片播放兩種昆蟲的發聲行為後，使用解剖顯微鏡觀察牠們的發聲部位與發聲器
	4. 撰寫 PO+E 學習單並發表：引導「科學解釋能力」六格的撰寫
	5. 概念整理：直翅目昆蟲會摩擦發聲，但蟋蟀與蝗蟲的摩擦部位不同。
POEST 教學法	1. 教學情境：介紹無尾鳳蝶與端紫斑蝶
1. 解釋 POEST 教學法能補充學生「科學解釋能力」的不足。	2. 預測：以不同角度光照無尾鳳蝶與端紫斑蝶的翅膀，哪一種翅膀會改變顏色？為什麼？
2. 「不同種類蝴蝶以不同角度照光，翅膀會改變顏色嗎？」	3. 實驗觀察：觀察 360 度旋轉光照兩種蝴蝶翅膀，使用解剖、光學顯微鏡觀察兩種蝴蝶的鱗片構造
	4. 撰寫 POEST 學習單並發表：引導「POEST」三格的撰寫
	5. 概念整理：端紫斑蝶翅膀會改變顏色是因為翅膀具有光子晶體的鱗片。

**表 2：各組自然科教師的大學背景與任教相關經驗說明分析**

組別	大學部學系背景說明	任教相關經驗說明
1	1. 自然科學教育學系 2. 森林學系	1. 8 年，2. 15 年
2	1. 自然科學教育學系 2. 護理學系	1. 2 年，2. 14 年
3	1. 自然科學教育學系 2. 物理學系	1. 2 年，2. 5 年
4	1. 自然科學教育學系 2. 資訊教育學系	1. 3 年，2. 3 年
5	1. 自然科學教育學系 2. 森林學系	1. 4 年，2. 8 年
6	1. 自然科學教育學系 2. 生物學系	1. 3 年，2. 7 年
7	1. 自然科學教育學系 2. 漁業資源學系	1. 5 年，2. 10 年

，讓評量者填寫優點或建議事項。本研究聘請 1 位專長國小自然科教材教法的大學教授、1 位專長自然科學的大學教授與 1 位國小資深自然科教師進行修正，依據專家意見修訂題目而建立內容效度，MTAP 的內部一致性信度為 .983。評量題目如附錄一。

(二) POEST 微型教學評量表 (MTAPS)

本研究採用盧秀琴與蔡幸如 (2019) 所設計的評量表，藉以評量自然科教師 POEST 教學法的微型教學。MTAPS 屬於半開放式評量表，分為：預測、實驗觀察、科學解釋、科學解釋文字鷹架 (ST) 與評價等 4 個向度，每個向度各有 5 題，共 20 題；每題評量共有 5 個選項，每題給分標準為「優」給 5 分，「良」給 4 分，「普通」給 3 分，「差」給 2 分，「很差」給 1 分；最後有「總評與回饋」空白欄，讓評量者填寫優點或建議事項。本研究聘請兩位專長於科學教育的大學教授與兩位國小資深自然教師

進行 MTAPS 的審查，主要針對評量題目的適切性、向度、措辭及評語方式提供修正意見，依據專家意見修訂題目而建立內容效度，MTAPS 的內部一致性信度為 .952。評量題目如附錄二。

四、資料蒐集與分析

本研究的資料包括：PO+E 教案設計、POEST 教案設計、MTAP 與 MTAPS 評量、PO+E 戶外教學學習單、POEST 戶外教學學習單、晤談資料，採用質性資料分析。各種質性資料檔案、編碼舉例及代表意義整理如表 3 所示，並根據研究問題進行資料蒐集與資料分析，整理如表 4 所示。本研究探討國小自然科教師如何學習兩種探究式教學法與抉擇應用，針對各組的教案設計、學習單進行歸類與編碼，並配合晤談以詮釋方式說明文字資料中的代表意義。採用 MTAP 與 MTAPS 評量資料的 SPSS 22.0 統計分析，並配合評量者的評論，探討國小自然科教師

表 3：本研究的各種質性資料檔案、編碼舉例及代表意義

質性資料檔案	編碼舉例	代表意義
PO+E 教案設計	PO+E-n	PO+E 代表教學法，n 代表組別
POEST 教案設計	POEST-n	POEST 代表教學法，n 代表組別
MTAP 評量資料	MTAP-n	MTAP 代表評量資料，n 代表組別
MTAPS 評量資料	MTAPS-n	MTAPS 代表評量資料，n 代表組別
PO+E 學習單	LS-PO+E-n	LS 代表戶外教學學習單，PO+E 代表教學法，n 代表組別
POEST 學習單	LS-POEST-n	LS 代表戶外教學學習單，POEST 代表教學法，n 代表組別
晤談資料	Int-a-n	Int 代表晤談資料，a 代表次數，n 代表組別

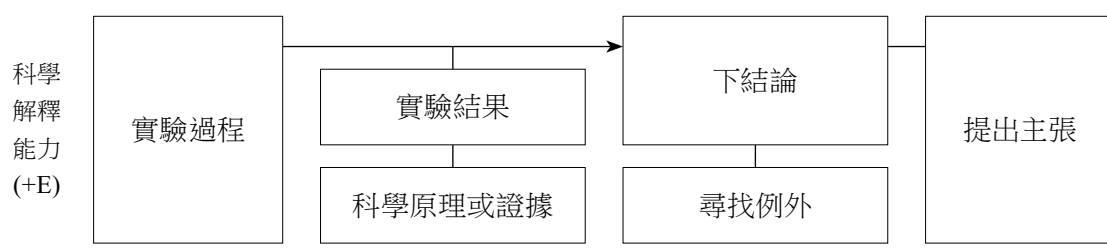


表 4：本研究所探討的研究問題、資料蒐集與資料分析說明

研究問題	資料蒐集	資料分析
1. 自然科教師學習兩種探究式教學法與微型教學，成效如何？	1. 昆蟲實驗教案設計 2. 微型教學 3. 戶外教學學習單設計 4. MTAP, MTAPS 評量 5. 晤談資料	1. 分析所有設計資料內容 2. MTAP, MTAPS 評量進行描述性統計分析 3. 所有質性資料進行分類，詮釋結果
2. 自然科教師抉擇哪一種探究式教學法，應用於自然科課程？	1. 昆蟲實驗教案設計 2. 戶外教學學習單設計 3. 晤談資料	1. 分析所有設計資料內容 2. 所有質性資料進行分類，詮釋結果

表 5：共 4 組採用 PO+E 探究式教學法的教案設計

組別	教案名稱	預測	實驗觀察
一	不同角度的空間會不會影響蠶寶寶結繭？	蠶寶寶在紙板夾角為 90 度，135 度，180 度的空間裡，都能成功結繭嗎？為什麼？	1. 使用影片觀察蠶寶寶在紙板夾角為 90 度，135 度，180 度的空間，實際結繭的情形。 2. 寫學習單：90 度，135 度成功結繭，180 度無法結繭。
二	水黽在水面行走與腳上剛毛特性的關係。	水黽能在水面上滑行，水黽腳上剛毛有什麼特殊構造？為什麼？	1. 使用影片觀察水黽跗節上剛毛的特徵；剛毛上的奈米凹槽結構之照片觀察。 2. 觀察到的結構畫在學習單上。
三	蛾複眼和蝶複眼反光情形有何不同？	蝴蝶白天活動，蛾晚上活動，牠們的複眼何者比較不易反光？為什麼？	1. 使用解剖顯微鏡觀察蝴蝶與蛾的複眼反光情形。 2. 觀察 700M、4.7GB、250G 容量的光碟反光情形。
六	螞蟥是蚜蟲的天敵還是共生夥伴？	螞蟥是蚜蟲的天敵還是共生夥伴？為什麼？	1. 使用影片觀察螞蟥、蚜蟲與瓢蟲之間的動物行為。 2. 寫學習單討論共生的條件



微型教學的結果以及抉擇應用的看法，再回到文字資料中去驗證，最後綜合所有資料提出本研究的主張與建議。

### 肆、研究結果與討論

#### 一、自然科教師學習兩種探究式教學法與微型教學

##### (一) 學習 PO+E 探究式教學法設計教案

共 4 組抉擇採用 PO+E 教學法設計教案，將其教案設計整理如表 5 所示，分析如下：1. 預測：這 4 組都能採用開放性提問提供給學生思考回答。2. 實驗觀察：由於生物實驗無法短時間內看見探究結果，有 3 組選

擇播放影片協助學生來觀察，有 1 組則採用解剖顯微鏡來觀察蝶複眼、蛾複眼的反光情形。3. 教案分析：有 2 組傾向構造與功能的探究，例如：水黽腳上剛毛結構、蛾複眼和蝶複眼的反光比較；有 1 組思考空間結構，蠶寶寶需要怎樣的空間才能結繭成功；有 1 組思考生物與生物之間的關係，都符合「探究與實作」的精神，但前面 3 組具有跨科概念的統整，結合生物與物理的探究與實作。

##### (二) 學習 POEST 探究式教學法設計教案

共 3 組抉擇採用 POEST 教學法設計教案，將其教案設計整理如表 6 所示，分析如下：1. 預測：這 3 組都能採用開放性提問

表 6：共 3 組採用 POEST 探究式教學法的教案設計

組別	教案名稱	預測	實驗觀察						
四	台灣大蚊和蚊子的食性是否相同？	台灣大蚊和蚊子分別是什麼口器？為什麼？	1. 使用影片觀察台灣大蚊的進食以及口器的構造。 2. 使用影片觀察蚊子的進食以及口器的構造。 3. 學習單畫出兩種的口器構造						
五	螞蟥如何辨別敵友？	當螞蟥發現有其他螞蟥出現在巢穴附近，會發生什麼事？為什麼？	1. 使用影片觀察擬大頭家蟻闖入臭巨山蟻的巢穴，發生打架 2. 使用影片觀察 A 渥氏棘蟻闖入 B 渥氏棘蟻的巢穴，B 渥氏棘蟻會驅趕 A 渥氏棘蟻 3. 寫學習單						
七	鱗翅目昆蟲腳的秘密	蝴蝶幼蟲和成蟲的腳構造，各有什麼功能呢？為什麼？	1. 影片觀察蝴蝶的幼蟲和成蟲 2. 比較蝴蝶幼蟲和成蟲的腳上特殊構造，討論其功能。 3. 寫學習單						
科學解釋文字鷹架(ST)	<table><tr><td>主張：根據觀察的結果寫出對這個實驗的主張。</td><td></td></tr><tr><td>證據：提出至少兩個證據支持主張。</td><td></td></tr><tr><td>推理：用邏輯推理的句子來描述證據如何支持主張。</td><td></td></tr></table>			主張：根據觀察的結果寫出對這個實驗的主張。		證據：提出至少兩個證據支持主張。		推理：用邏輯推理的句子來描述證據如何支持主張。	
主張：根據觀察的結果寫出對這個實驗的主張。									
證據：提出至少兩個證據支持主張。									
推理：用邏輯推理的句子來描述證據如何支持主張。									

給學生思考回答。2. 實驗觀察：因為生物實驗無法短時間內看見探究結果，3 組都採用播放昆蟲影片協助學生觀察探究。3. 教案分析：有 2 組傾向構造與功能的設計，例如：口器的比較，幼蟲和成蟲腳構造的比較，有 1 組思考生物與生物之間的關係；雖然都符合探究式教學法，但這 3 組傾向純昆蟲實驗設計，沒有跨科、跨領域的統整概念。

### （三）使用 PO+E 教學法微型教學的成效分析

本研究聘請 A、B 兩組專家使用 MTAP 評量 4 組 PO+E 教學法的微型教學，MTAP 採用精釋法評量及 Spearman 等級相關係數分析，A 組專家 4 位，有 1 位專長科教的師培教授、1 位專長「探究與實作」的師培教授與 2 位國小自然科輔導教師，B 組 4 位，有 1 位專長昆蟲學的大學教授、1 位專長「教材教法」的師培教授與 2 位國小自然科輔導教師，MTAP 評量之 A、B 兩組的 Spearman 係數為 .948，表示 A、B 兩組專家評分符合評分者信度的考驗，評分可以採信。評量結果整理如表 7 所示。

共 4 組的預測、實驗觀察、科學解釋能力和整體表現等 MTAP 的平均成績達到 4-5 等級，表示自然科教師能掌握 PO+E 教學法的精髓；但相較之下，第 2 組的 MTAP 評量成績較低，為 3-4 等級。

MTAP 評量的結果，先分析 3 組得分較高，表現突出的地方：1. 預測：能鋪陳教學情境，以簡報建構基本知識，例如：「蠶的結繭圖片介紹 2D 與 3D 空間的差異後，再引導學生預測怎樣的空間能讓蠶寶寶成功結繭？（PO+E-1）」。2. 實驗觀察：能提醒實驗時應該如何觀察與紀錄才能呼應預測，例如：「使用解剖顯微鏡觀察複眼的反光情形，如果有反光複眼看起來會亮亮的，如果沒有反光複眼看起來會黑黑的（MTAP-3）」。評審委員認為：「觀察 700M、4.7GB、250G 容量光碟片的反光情形，去類比蛾複眼不反光的效果很清楚（MTAP-3）」。3. 科學解釋能力：能引導如何撰寫科學解釋能力六格的順序與相關性，引述評審委員的說法：「第六組討論螞蟻和蚜蟲是共生關係時，能引導視環境而定，當食物缺乏時，共生就不存在，

表 7：使用 MTAP 評量 PO+E 教學法微型教學的各組表現分析

組別	預測 P		實驗觀察 O		解釋能力 +E		整體表現		總分	
	A 組	B 組	A 組	B 組	A 組	B 組	A 組	B 組	A 組	B 組
一	23	23	22	23	27	27	23	23	95	96
二	20	19	16	16	22	22	19	19	77	76
三	24	23	24	24	29	28	23	23	100	98
六	24	24	24	24	27	27	24	24	99	99
平均	22.5		21.6		26.1		22.3		92.5	

螞蟻會吃蚜蟲，這部分引導很好（MTAP-6）。4.第3組能使用顯微鏡觀察昆蟲複眼，可以培養科學過程技能。

列舉第三組的微型教學重點，呈現其學習成效整理如表8所示，第三組的預測問題和實驗內容能夠相呼應，教師能引導學生認識蝶是日行性昆蟲，蛾是夜行性昆蟲，為了躲避敵人，演化出蛾眼不反光，稱為蛾眼效應；並使用250G光碟片去比擬蛾眼不反光效應，說明光碟片容量愈大，結構越緊密，越能達到不反光效果，最後能有次序性引導PO+E學習單的撰寫。

其次，分析第2組待改進之處：1.沒有先建構知識就直接讓學生預測，評審委員認為：「學生沒有先備知識，很難預測水黽腳上剛毛有什麼特殊構造，教師應先建構先備知識，預測才有意義（MTAP-2）」。2.直接觀看水黽影片卻沒有引導要觀察的重點，評審委員認為：「奈米影片的內容對學生是艱澀的，教師沒有引導奈米結構就直接觀察影片，不像是探究式教學，比較像直接教學法（MTAP-2）」。訪談第2組的微型教學感

想，第2組表示「因為使用PO+E教學法，如果先建構知識再讓他們預測，擔心洩漏答案給他們，預測就全部知道標準答案了；選擇水黽能浮在水面的奈米影片給學生觀看時，我們對於水黽腳上剛毛的奈米結構也是一知半解，無法完整的解釋給學生理解，所以乾脆就不講（Int-1-2）」可以看出第二組對於PO+E教學法仍誤解，以為建構基礎知識就是直接告訴學生答案，授課教師引導第二組探討PO+E教學法、奈米科學概念的不理解之處，他們已經知道如何建構基本知識後，仍可保留預測的開放式提問，讓學生思考提問。

（四）使用 POEST 教學法微型教學的成效分析

聘請A、B兩組專家使用MTAPS評量3組POEST教學法的微型教學。MTAPS採用精釋法評量及Spearman等級相關係數分析，兩組專家相同於MTAP的專家。MTAPS評量之A、B兩組的Spearman係數為.942，表示A、B兩組專家評分符合評分者信度的考驗，評分可以採信。評量結果

表 8：第三組使用 PO+E 教學法微型教學的內容分析

組別	預測問題	微型教學流程	實驗內容
第三組	1. 蛾和蝶的複眼反光有何不同呢？ 2. 不同容量的光碟片，哪個比較不容易反光，最接近蛾眼效應？	1. 使用簡報介紹蛾和蝶，比較蛾和蝶生活習性的差異。 2. 進行預測問題並寫出理由。 3. 實驗觀察：觀察蛾和蝶的複眼反光情形、觀察不同容量光碟片的反光情形，說明哪一種最接近蛾眼的不反光效應？ 4. 進行 PO+E 學習單的撰寫。	1. 用手電筒強光照射蛾和蝶的複眼，紀錄反光情形。 2. 觀察與紀錄三種光碟片 700MB、4.7GB、250G 的反光實驗。

整理如表 9 所示。

共 3 組的預測、實驗觀察、科學解釋、ST 加評價等 MTAPS 的平均成績達到 4-5 等級，表示 3 組在職教師都能掌握 POEST 教學法的精髓。

MTAPS 評量的結果，分析表現突出的地方：1. 預測：能介紹基本知識後再預測，還會搭鷹架引導國小學生思考，例如：「第 4 組能引導學生思考大蚊和蚊子吃什麼食物？再從食物去推想口器可能是哪一種？引導效果不錯（MTAPS-4）」。2. 實驗觀察：能選擇符合實驗主題的影片觀察，並引導觀察的重點。評審委員認為：「第 5 組在影片觀察後，能引導

學生思考同種螞蟻和不同種螞蟻的差異，並讓學生根據結果去修正預測和預測的理由，符合探究與實作（MTAPS-5）」。3. ST 加評價：能引導根據實驗結果撰寫主張或上網查資料提出證據，例如：「蝴蝶腳上有掛鉤和吸盤的構造，可以垂直掛在牆上；蝴蝶的前腳脛節有感覺毛，感覺毛上有味覺感受器，用來找尋食物（MTAPS-7）」。其次，分析待改進之處：1. 科學解釋：有 2 組教師直接講出實驗結果的科學原理，原因是發現微型教學時間不夠了，建議可以讓學生回家整理。

列舉第五組的微型教學重點，呈現其學習成效整理說明如表 10 所示。第五組的

表 9：使用 MTAPS 評量 POEST 教學法微型教學的各組表現分析

組別	預測 P		實驗觀察 O		科學解釋		ST 加評價		總分	
	A 組	B 組	A 組	B 組	A 組	B 組	A 組	B 組	A 組	B 組
四	23	23	22	23	21	21	22	22	88	89
五	22	22	23	22	22	22	22	22	89	88
七	23	22	22	22	21	21	22	22	88	87
平均	22.5		22.3		21.3		22.0		88.1	

表 10：第五組使用 POEST 教學法微型教學的內容分析

組別	預測問題	微型教學流程	實驗內容
第五組	螞蟻如何辨別敵友？	1. 使用簡報介紹螞蟻的社會結構與分工，以及死亡氣味等知識建構。 2. 進行預測問題並寫出理由。 3. 實驗觀察：觀察兩個螞蟻的影片，引導說明兩種不同種類的螞蟻、相同種類的兩個族群螞蟻相遇，會產生什麼情況？ 4. 進行 POEST 學習單的撰寫。	1. 影片：擬大頭家蟻闖入臭巨山蟻的窩，發生什麼情形？ 2. 影片：A 渥氏棘蟻闖入 B 渥氏棘蟻的巢穴，發生什麼情形？



預測問題和實驗內容雖能相呼應，但預測問題比較籠統，授課教授建議改成兩個問題：1. 不同種類的螞蟥相遇，會產生什麼行為反應？2. 相同種類的螞蟥相遇，會產生什麼行為反應？第五組能引導學生認識擬大頭家蟻闖入臭巨山蟻的窩，會產生劇烈的打架行為，因為不同種類；但 A 渥氏棘蟻闖入 B 渥氏棘蟻的巢穴，只有產生輕微的驅趕行為，因為同種類，分泌的費洛蒙相似，最後能有次序性引導 POEST 學習單的撰寫。

二、 自然科教師抉擇一種探究式教學法應用於自然科課程

(一) 使用 PO+E 教學法設計戶外教學學習單

只有 2 組抉擇採用 PO+E 教學法設計戶外教學學習單，減少 2 組，將其設計內容整理如表 11 所示。

分析如下：1. 預測：能採用容易觀察的生物設計學習單，讓學生預測兩種生物的差異，思考是什麼原因造成的？2. 探究觀察：引導觀察的重點在於比較兩種生物的差異。例如：「綠頭鴨腳有蹼能游泳，紅冠水雞腳沒有蹼，但是腳趾很長，有著輕盈的身體，這有什麼好處？(LS-PO+E-6)」。3. 科學解釋能力：都將「實驗過程」改變成「探究過程」，「實驗結果」改變成「探究結果」，其餘則相同。從以上分析，國小自然科教師帶領國小學生戶外教學時，能先引導學生預測所要觀察的生物特徵並思考可能原因，再引導如何觀察生物的重要部位，配合科學解釋能力撰寫去獲得該生物的特徵和適應生存的演化意義。

(二) 使用 POEST 教學法設計戶外教學學習單

共 5 組採用 POEST 教學法設計戶外教

表 11：共 2 組使用 PO+E 教學法設計戶外教學學習單的內容分析

組別	學習單名稱	預測	「探究與實作」觀察
一	金花蟲與瓢蟲的區別	我如何分辨該蟲是金花蟲還是瓢蟲呢？為什麼？	1. 觀察兩種蟲的口器與食性有何差異？ 2. 觀察兩種蟲的觸角有何差異？ 3. 觀察兩種蟲的背板有什麼差異？
六	在水中游泳的鳥類，腳上都有蹼嗎？	在水中游泳的鳥類，腳上都有蹼嗎？為什麼？	1. 觀察綠頭鴨與紅冠水雞在池塘中的游泳情形。 2. 觀察綠頭鴨與紅冠水雞腳上的構造，有什麼不同？ 3. 紅冠水雞的腳上沒有蹼，為什麼可以游泳？
科學解釋文字鷹架(ST)	探究過程	探究結果 科學原理或證據	下結論 尋找例外 提出主張

學學習單，增加 2 組，將其設計內容整理如表 12 所示。

分析如下：1. 預測：有 4 組選擇大型、容易觀察的生物，預測提問都偏向可以觀察的生物特徵或習性。2. 探究觀察：能引導所要觀察的生物有什麼特殊行為或比較雌雄外表的差異？例如：「夜鷺為什麼被稱為暗光鳥？請說明原因（LS-POEST-2）」。3. 科學解釋文字鷹架：將主張修正為根據探究觀察的結果寫出對這個探究的主張，都能引導學生寫出主張的觀察證據，例如：「夜鷺

是肉食性動物晚上才出來捕食，暗光鳥是指晚上出現的意思（LS-POEST-2）」。從以上分析，國小自然科教師帶領國小學生戶外教學時，能先引導學生預測所要觀察的生物習性或特徵並思考可能原因，再引導如何觀察生物的習性或比較兩者的差異，配合科學解釋文字鷹架提出主張、尋找證據和合理推理主張與證據之間的關係。

### （三）自然科教師抉擇使用此兩種探究式教學法的看法

表 12：共 5 組 POEST 教學法設計戶外教學學習單的內容分析

組別	學習單名稱	預測	「探究與實作」觀察
二	夜鷺的習性與覓食特性	夜鷺為什麼被稱為「暗光鳥」？請說明原因。	1. 白天觀察夜鷺常在岸邊發呆？ 2. 夜鷺吃什麼？什麼時候出來捕食？ 3. 觀察夜鷺的捕食行為。
三	避債蛾的族群擴散方式	避債蛾在哪一個階段的遷徙能力最強？為什麼？	1. 觀察避債蛾的身體特徵，巢袋，畫出外型並標示出特徵。 2. 觀察避債蛾幼蟲的遷徙方式，用文字描述出來。
四	如何分辨斑龜的雄雌？	如何從外觀辨識斑龜是公的還是母的？為什麼？	1. 觀察兩隻斑龜尾巴，公的和母的有什麼差異？ 2. 輕觸斑龜底板，公的和母的有什麼差異？ 3. 觀察斑龜的泄殖腔，公的和母的有什麼差異？
五	珠頸斑鳩的求偶行為	交配期間，雄鳥和雌鳥會做什麼動作？為什麼？	1. 觀察珠頸斑鳩的求偶舞蹈，認識哪一隻是公的或母的？ 2. 觀察珠頸斑鳩的交配行為，認識哪一隻是公的或母的？
七	小白鷺的繁殖羽	為什麼春天小白鷺頭頸的羽毛會改變顏色？說明原因。	1. 觀察繁殖期的小白鷺公鳥和母鳥外觀羽毛的差異。 2. 觀察繁殖期的小白鷺公鳥會有什麼特殊行為？
科學解釋文字鷹架(ST)	主張：根據觀察的結果寫出對這個實驗的主張。		
	證據：提出至少兩個證據支持主張。		
	推理：用邏輯推理的句子來描述證據如何支持主張。		

分析各組設計探究式教案和設計戶外教學學習單，所選用的探究式教學法整理如表 13 所示。發現有三種組合，第 1、6 組全部選用 PO+E 教學法，第 4、5、7 組全部選用 POEST 教學法，第 2、3 組設計探究式教案選用 PO+E 教學法，設計戶外教學學習單改選用 POEST 教學法。

深入訪談第 1、6 組選用 PO+E 教學法的原因，分析舉證其理由為：1.「科學解釋能力包含：實驗過程、實驗結果、科學原理、下結論、尋找例外、提出主張等六格，每一格都很白話，學生一看就知道要寫什麼內容 (Int-1-1, Int-2-6)」。2.「科學原理能引導學生思考該實驗的科學原理是什麼，並思考可能產生的例外，這樣提出主張看法會更加嚴謹 (Int-1-1, Int-1-6)」。3.「將科學原理、例外加入主張的考量，能讓學生寫主張時更加謹慎，對於語句的描述也較符合科學語言 (Int-2-1)」。4. 沒有選用 POEST 教學法的原因為「POEST 教學法的主張、證據、推理等三個名詞感覺比較抽象，學生不易了解要寫些什麼，我們認為主張和推理的內容有些雷同，自己感覺不太會引導 (Int-2-1, Int-2-6)」。

深入訪談第 4、5、7 組選用 POEST 教學法的原因，分析舉證其理由為：1.「當學生

分組討論時容易淪為主觀意識，POEST 教學法講求證據，能引導學生找可靠的證據去驗證自己的主張 (Int-1-5, Int-1-7)」。2.「加強科學解釋只有主張、證據、推理等 3 個項目，學生接受度高，教師較容易引導 (Int-1-4, Int-1-7)」。3.「POEST 教學法較容易引導學生從觀察生物特徵尋找證據以證明自己的主張，並寫出一句連貫主張與證據的推理話 (Int-2-4, Int-2-5, Int-2-7)」。4. 沒有選用 PO+E 教學法的原因為「PO+E 教學法要填寫六個格子太多了，可能時間不允許來不及引導學生，也害怕學生感覺太多格子而不想寫學習單 (Int-2-4, Int-2-5, Int-2-7)」。

深入訪談第 2、3 組設計探究式教案選用 PO+E 教學法，設計戶外教學學習單改選用 POEST 教學法的原因，分析舉證其理由為：1.「剛開始選用 PO+E 教學法，感覺科學解釋能力的六格名詞容易理解，學生知道要寫些什麼，學生能描述該實驗的科學原理，符合課程的需求 (Int-1-2, Int-1-3)」。2.「看完微型教學後，發現其他組別使用 POEST 教學法，比較容易教而且節省時間 (Int-1-2)」。在戶外教學改選用 POEST 教學法，分析舉證其理由為：1.「設計實驗有比較多科學原理要探討，但戶外教學是觀察野外的動植物，沒有動手做實驗較少有例

表 13：共 5 組設計設計探究式教案和戶外教學學習單所選用的教學法分析

組別	第 1 組	第 2 組	第 3 組	第 4 組	第 5 組	第 6 組	第 7 組
教案設計	PO+E	PO+E	PO+E	POEST	POEST	PO+E	POEST
戶外教學	PO+E	POEST	POEST	POEST	POEST	PO+E	POEST

外的情形，適合選用 POEST 教學法（Int-2-2，Int-2-3）」。2.「對於探究式教學法很有興趣，選用 PO+E 教學法設計實驗教案後，也想試試看 POEST 教學法如何，將來自己可以靈活應用（Int-2-3）」。

綜合七組設計探究式教案和戶外教學學習單所選用的探究式教學法，和深入訪談七組選擇使用的原因，綜合整理自然科教師抉擇此兩種探究式教學法，應用於自然科課程的原因，說明如表 14 所示。

### 三、綜合討論

我國 12 年國教自然領域課程綱要強調探究式教學法能讓學生自由探索、在探究中解決問題，而不是直接給予科學知識（教育部，2019）。本研究使用 PO+E 教學法和 POEST 教學法培育國小自然科教師，發現多數國小自然科教師的學習表現相當有自信，

很快就能掌握預測、實驗觀察的教學模式，設計出能讓學生探究與實作的實驗教案，並且在微型教學中表現突出，達到一定的教學水準。國小自然科教師已有多年的自然科教學經驗，並在科學教育的碩士學習階段，持續加強學科專業知識、協同備課和課堂教學的實踐，具備反思性的轉化能力，能夠轉化學科內容知識成為國小可接受的實驗內容，並能藉由探究式教學法引導學生從事探究與實作，描述科學原理與歸納科學概念（林靜雯，2015；張世忠、蔡孟芳、陳鶴元，2012；Sandholtz，2002）。

本研究發現國小自然科教師學習兩種探究式教學法，進行微型教學的評量分數都能達到優良等級，有的組別評量成績較低，主要是因為該教師沒有鋪陳教學情境、為學生建構足夠的先備知識就進行預測教學，或者預測問題模糊不夠明確；進行訪談深

表 14：自然科教師抉擇此兩種探究式教學法的原因分析

決擇	預測問題	微型教學流程
PO+E 教學法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 科學解釋能力的六格說明清楚，能加強學生的科學解釋能力。</li> <li>2. 實驗完畢加強科學原理，能引導學生思考該實驗的科學原理。</li> <li>3. 串連科學原理、例外、主張，能讓學生寫主張時更加謹慎。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 科學解釋能力有六格，要寫的太多，可能時間不夠，學生不想寫。</li> <li>2. 比較適合教室的科學實驗，不適合戶外教學的探究觀察。</li> </ol>
POEST 教學法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國小學生的小組討論容易淪為主觀意識，POEST 教學法講求證據，引導學生尋找可靠的證據去驗證自己的主張，比較客觀。</li> <li>2. 加強科學解釋能力只有主張、證據、推理等 3 個項目，學生接受度高，節省上課時間。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主張、證據、推理等三個名詞感覺比較抽象。</li> <li>2. 主張和推理有些雷同，教師擔心不會引導。</li> <li>3. 需要強調科學原理的實驗，可能比較不適合。</li> </ol>

入了解原因，發現是自然科教師的科學背景知識不夠，害怕教錯，故遵循教科書的食譜式教學，認為最安全。目前在自然領域課程中，探究式教學一直很難取代食譜式教學的原因，一則自然科教師害怕很難控制教室秩序和預定的教學程序而放棄使用探究式教學，二則學生不容易訓練和掌控，可能無法獲得滿意的成績（顧炳宏等，2011；Jeanpierre, Oberhauser, & Freeman, 2005），還有自然科教師擔心使用探究式教學法會佔用太多時間，來不及復習考試的內容。以上這些問題應該在師資培育的研習課程中，授課教師與自然科教師做深入的討論與對話，思考一個雙贏的教學策略，才能讓保守的自然科教師能放開心胸接納探究式教學法。國小自然科教師進行戶外教學時，有 5 組選擇 POEST 教學法，只有 2 組選擇 PO+E 教學法，主要的原因是自然科教師認為戶外教學著重於觀察生物的外形構造和行為反應，較少會討論到科學原理或證據。在地球上，「天擇」能使有利於生存與繁殖的遺傳性狀演化下來，例如：紅冠水雞的腳上雖然沒有蹼，但是腳趾很長，有著輕盈的身體，依舊能在池塘中游泳、覓食；生物適應環境產生的性狀變異，將這些有利生存的性狀轉移、遺傳到更多的後代後，就產生了生物多樣性（Zari, 2015）。戶外教學著重於觀察生物適應環境的外形構造、性狀變異，舉證該生物在其環境中如何生存的證據，進而了解生物多樣性產生的過程。

比較兩種探究式教學法的培訓，自然科教師抉擇應用 PO+E 教學法是因為國小學生容易理解「科學解釋能力」每一格的意

涵，科學原理能引導國小學生深入思考該實驗的科學原理以建構該實驗的科學概念；相同於 Abdi (2014) 的研究，學生在探究學習中結合科學原理的探討，能獲得較佳的科學概念。其次，自然科教師認為當學生提出主張時能思考「例外」，把實驗的限制因子考慮進來，則所提出的主張會更加嚴謹；盧秀琴與谷冰 (2019)、盧秀琴與黃奕升 (2019) 的研究也支持相同的論點。白佩宜與許瑛珖 (2011) 說明教師使用探究式教學時，當學生思考問題產生的各種可能原因時，所提出的假說會更加的嚴謹。自然科教師抉擇應用 POEST 教學法是因為國小學生的小組討論容易淪為主觀意識，如果教導他們尋找兩個實驗證據去證明自己的主張，並用一句推理的話去連結主張與證據時，就能培養簡單論證的能力。McNeill 等人 (2006) 認為學生使用「推理」去連結主張與證據時，必須了解「證據」是否正確才能合理的支持「主張」，這可以訓練學生的批判思辨能力。當自然科教師很難分辨「主張」和「推理」時，盧秀琴與蔡幸如 (2019) 認為 POEST 教學法的重點在於引導學生針對實驗結果提出主張，尋找可測得的兩個證據並使用自己理解的語言去表達，就能將證據與主張之間的關係描述清楚。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

- (一) 自然科教師學習兩種探究式教學法，微型教學評量達到優良等級



自然科教師學習兩種探究式教學法，其微型教學評量達到優良等級，表示其能掌握探究式教學法的精髓，將來能順利應用在國小自然領域的教學中。

- (二) 自然科教師設計實驗能先鋪陳教學情境讓學生預測，再進行探究與實作的實驗，實驗後引導學生做深度的科學解釋

自然科教師能先鋪陳教學情境，以簡報建構基本知識後，再讓學生預測並說明理由，有些教師還會搭鷹架協助學生思考。當學生進行探究與實作的實驗時，教師能提醒學生根據實驗紀錄修正預測的理由，進行深度的科學解釋以達到簡單論證的效果。

- (三) 自然科教師抉擇 PO+E 教學法是因為「科學解釋能力」容易引導

國小自然科教師抉擇應用 PO+E 教學法是因為「科學解釋能力」很白話，學生很快理解而容易引導，「科學原理」能幫助建構實驗的科學概念，將「例外」納入「主張」的考量，提出主張會更加嚴謹。

- (四) 自然科教師抉擇 POEST 教學法是使用實驗證據以證明自己的主張

國小自然科教師抉擇應用 POEST 教學法是因為學生討論時容易淪為主觀意識，POEST 教學法能引導學生使用兩個實驗的證據去證明自己的主張，而且引導主張、證據、推理三個項目不會花費太多時間而影響教學進度。

- (五) 自然科教師進行戶外教學時，較多抉擇 POEST 教學法

國小自然科教師進行戶外教學時，多數選擇 POEST 教學法，他們認為戶外教學著重於觀察生物的外形構造和行為反應，較少會討論到科學原理或證據，較多討論到多種生物如何適應環境生存的遺傳性狀，形成生物多樣性。

## 二、建議

- (一) 培育國小教師 PO+E 或 POEST 教學法宜增加「跨科、跨領域」的實驗教案設計

本研究發現 7 組自然科教師設計探究與實作的實驗教案時，只有 3 組具有「跨科、跨領域」的設計；如果要因應 12 年國教課程綱要強調跨科、跨領域與科學論證溝通的學習，則宜增加「跨科、跨領域」實驗教案設計的說明與示範。

- (二) 培育國小教師 PO+E 或 POEST 教學法能增加國小實驗的「科學解釋能力」

本研究發現國小自然科教師使用 PO+E 或 POEST 教學法設計實驗教案、微型教學和設計戶外教學學習單，確實能增強「科學解釋能力」；故建議舉辦這兩種探究式教學法的研習，聘請這些培訓過的教師擔任種子教師現身說法，則能幫助國小自然科教師提升國小學生的科學解釋能力。

(三)開設探究式教學法研習時，應加強鋪陳情境、建構基礎知識和設計預測的開放式提問

本研究發現有些國小自然科教師接受探究式教學法培育時，尚無法鋪陳情境、建構基礎知識和設計預測的開放式提問，造成學習的落差。所以，開設探究式教學法研習課程時，應加強如何鋪陳情境、如何建構基礎知識和設計預測的開放式提問等，才能讓自然科教師獲得探究式教學法的精髓。

## 參考文獻

- 白佩宜、許瑛珧(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。
- [Pai, P. Y., & Hsu, Y. S. (2011). The impact of different inquiry-based instructions on tenth graders' inquiry ability and perspectives about learning environment. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 14(3), 123-156.]
- 邱美虹(2000)。概念改變研究的省思與啟示。*科學教育學刊*, 8(1), 1-34。
- [Chiu, M. H. (2000). Reflections and implications of research on conceptual change. *Chinese Journal of Science Education*, 8(1), 1-34.]
- 邱彥文、黃世傑、王國華(2002)。國中理化課試行 POE 教學之個案研究。*科學教育*, 12, 53-69。
- [Chu, Y. W., Huang, S. C., & Wang, K. H. (2002). A case study of implementing a POE instruction by a chemistry teacher in junior high school. *Science Education*, 12, 53-69.]
- 林燕文、洪振方(2007)。對話論證的探究中學童論述策略對促進科學概念理解之研究。*屏東教育大學學報*, 26, 285-324。
- [Lin, Y. W., & Hung, J. F. (2007). A study of pupils' discourse strategies for promoting scientific conceptual understanding in argumentation-based inquiry. *Journal of National Pingtung University Education*, 26, 285-324.]
- 林靜雯(2015)。由資深教師與師資生之比較探討科學教師內容知識與教學內容知識之培力。*T&D 飛訊*, 208, 1-21。
- [Lin, J. W. (2015). Exploring science teachers' empowerment via comparing experienced and preservice elementary school teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge. *T & D Fashion*, 208, 1-21.]
- 桑顯舜、林淑楞(2019)。運用德懷術建立國小教師基本科學能力之評量要項。*師資培育與教師專業發展期刊*, 12(1), 29-58。
- [Sang, H. S., & Lin, S. F. (2019). Using the delphi technique to establish items for assessing elementary school teachers' basic scientific competences. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, 12(1), 29-58.]
- 陳竹亭(2016)。探究式實事求是的第一步。*科學研習月刊* 55(2), 2-4。
- [Chen J. T. (2016). The first step of seeking

- truth from facts in inquiry way. *Scientific Study Monthly* 55(2), 2-4.]
- 教育部 (2019)。十二年國小基本教育課程綱要 - 自然科學領域課程手冊。臺北市：教育部。
- [Ministry of Education (2019). *Twelve-year elementary school basic education syllabus- Guideline manual in the field of natural sciences*. Taipei, Taiwan:Ministry of Education.]
- 張世忠、蔡孟芳、陳鶴元 (2012)。國中科學教師的學科教學知識與科學教學導向之探討。 *科學教育學刊*, 20(5), 413-433。
- [Jang, S. J., Tsai, M. F., & Chen, H. Y. (2012). Exploring the middle science teachers' pedagogical content knowledge and science teaching orientations. *Chinese Journal of Science Education*, 20(5), 413-433.]
- 張芬芬 (2010)。質性資料分析的五步驟：在抽象階梯上爬升。 *初等教育學刊*, 35, 87-120。
- [Chang, F. F. (2010). The five steps of qualitative data analysis: climbing up a ladder of abstraction. *Journal of Elementary Education*, 35, 87-120.]
- 許良榮、羅佩娟 (2009)。以序列性 POE 探究學生的科學解釋能力：以「大氣壓力與表面張力」為例。 *屏東教大科學教育*, 30, 42-55。
- [Hsu, L. R., & Lo, P. C. (2009). The study of exploring the students' scientific explanation by using the S-POE: An example on "atmospheric pressure and surface tension". *Science Education of National Pingtung University of Education*, 30, 42-55.]
- 黃茂在、曾鈺琪 (2011)。戶外教育的意涵與教育價值。 *戶外教育實施指引*, 8-25。
- [Huang, M. T., & Tseng, Y. C. (2011). The meaning and educational value of outdoor education. *National Guidelines for Outdoor Education*, 8-25.]
- 曾崇賢、段曉林、靳知勤 (2011)。探究教學的專業成長歷程 - 以十位國中科學教師的觀點為例。 *科學教育學刊*, 19(2), 143-168。
- [Tseng, C. H., Tuan, H. L., & Chin, C. C. (2011). The process of teachers' inquiry teaching professional development-the perceptions of 10 experienced junior-high science teachers. *Chinese Journal of Science Education*, 19(2), 143-168.]
- 楊凱悌、邱美虹、王子華 (2009)。應用數位影音融入 POE 教學改善國小高年級學童脊椎動物分類另有概念之效益研究。 *科學教育學刊*, 17(5), 387-407。
- [Yang, K. T., Chiu, M. H., & Wang, T. H. (2009). A study of the effectiveness of implementing digital video clips supported POE teaching strategy in improving elementary school high-grade students' alternative conceptions about the classification of Vertebrates. *Chinese Journal of Science Education*, 17(5), 387-407.]
- 盧秀琴、洪榮昭、蔡春微 (2008)。「5 Why」鷹架式提問提升國小學生學習成就與

科學探究學習能力之研究～以「如何做麵包？」教學模組為例。*科學教育學刊*，16(4)，395-413。

[Lu, C. C., Hong, J. C., & Tsai, C. W. (2008). The promotion of pupil' s science achievement and scientific inquiry ability through the use of "5 Why" scaffolding strategies- "how to make bread" module as a teaching example. *Chinese Journal of Science Education*, 16(4), 395-413.]

盧秀琴、徐于婷 (2016)。國小師資生在自然領域的專業成長～以探究式教學為例。*師資培育與教師專業發展期刊*，9(1)，115-142。

[Lu, C. C., & Hsu, Y. T. (2016). Pre-service elementary school science teachers' professional development in teaching science: The case of inquiry teaching. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, 9(1), 115-142.]

盧秀琴、谷冰 (2019)。比較不同背景的研究生如何設計 PO+E 實驗與微型教學。*師資培育與教師專業發展期刊*，12(1)，1-28。

[Lu, C. C., & Ku, P. (2019). Comparison of how graduate students from different backgrounds design PO+E experiments and microteaching. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, 12(1), 1-28.]

盧秀琴、黃奕升 (2019)。培育師資生使用 PO+E 教學法研發國小奈米科技實驗與教學。*教育研究學報*，53(2)，31-55。

[Lu, C. C., & Huang, Y. S. (2019). Cultivate pre-service teachers to use the PO+E teaching method to develop primary-school nanotechnology lesson plan and teaching. *Journal of Education Studies*, 53(2), 31-55.]

盧秀琴、蔡幸如 (2019)。培育國小在職教師使用「POE & 科學解釋文字鷹架」設計實驗以因應十二年國教的改革。*屏東大學學報教育類*，3，145-180。

[Lu, C. C., & Tsai, H. J. (2019). Nurturing primary in-service teachers to use "POE & scientific explanations with text scaffolding" to design experiments and micro-teaching in response to the reform of the 12-year national education. *Journal of National Pingtung University: Education*, 3, 145-180.]

盧秀琴、劉靜文 (2018, 11 月 29 ~ 12 月 2 日)。培育國小在職教師使用不同探究式教學法進行實驗設計與微型教學。發表於第 34 屆科學教育國際研討會 (2018, ASET) 發表之論文，國立東華大學，花蓮縣。

[Lu, C. C., & Liu, J. W. (2018, November 29 ~ December 2). *Cultivate primary in-service teachers to use different inquiry-based teaching methods for experimental design and micro-teaching*. Paper presented in the 34th International Symposium on Science Education (2018, ASET), National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan.]

謝州恩、吳心楷 (2005)。探究情境中國小學童科學解釋能力成長之研究。*師大*

- 學報：科學教育類，50(2)，55-84。
- [Hsieh, C. E., & Wu, H. J. (2005). Developing the skills sixth graders need for constructing scientific explanations in inquiry-based learning environments. *Journal of Taiwan Normal University: Mathematics & Science Education*, 50(2), 55-84.]
- 顧炳宏、陳瓊森、溫嫻純 (2011)。從學生的表現與觀點探討引導發現式教學作為發展探究教學之折衷方案角色的成效—以密度概念為例。科學教育學刊，19(3)，257-282。
- [Ku, B. H., Chen, C. S., & Wen, M. C. Lydia. (2011). Exploring the effect of guided discovery teaching as a mediated way to put inquiry into classroom practice-from students' perspectives. *Chinese Journal of Science Education*, 19(3), 257-282.]
- Abdi, A. (2014). The effect of inquiry-based learning method on students' academic achievement in science course. *Universal Journal of Educational Research* 2(1), 37-41.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1967). *Guide for in-service instruction*. Washington, DC: AAAS Miscellaneous Publication.
- Barry, N. (2014). The ITEEA 6E learning by DeSIGN™ model. *The Technology and Engineering Teacher*, March 2014, 14-19. Retrieved from <http://www.oneidaboces.org/cms/lib05/NY01914080/Centricity/Domain/36/6E%20Learning%20by%20Design%20Model.pdf>.
- Berl, W. G. (1968). The 1967 meeting of the AAAS: A retrospect. By see all hide authors and affiliations. *Science*, 159, 758-762.
- Boud, D., Dunn, J., & Hegarty-Hazel, E. (1988). Teaching in laboratories. *Instructional Science*, 17, 191-193. doi:10.1007/BF00052707
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the cultural of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. Retrieved from [https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbasssite/documents/webpage/dbasse\\_073327.pdf](https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbasssite/documents/webpage/dbasse_073327.pdf)
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Edwards, C. H. (1997). Promoting student inquiry. *The Science Teacher*, 64(7), 18-21.
- Gunstone, R. F., & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65(3), 291-299.
- Hong, J. C., Tsai, C. R., Hsiao, H. S., Chen, P. H., Chu, K. C., Gu, J. & Sitthiworachart, J. (2019). The effect of the "Prediction-observation-quiz-explanation" inquiry-based e-learning model on flow experience in green energy learning. *Computers & Education*, 133, 127-138.
- Jeanpierre, B., Oberhauser, K., & Freeman,



- C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 668-690.
- Lederman, J. S., & Lederman, N. G. (2005). *Developing and assessing elementary teachers' and students' understandings of nature of science and scientific inquiry*. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, Texas April, 2005.
- Lu, C. C. (2016, December, 8-10). *Cultivate elementary school in-service teachers to design experiment course by Prediction-Observation-Explanation (POE) with the theory of scientific explanation*. Paper presented at 32<sup>rd</sup> ASET Annual International Conference, National Science Museum, Taichung, Taiwan.
- Lu, C. C. (2018, June, 27-29). *Strengthen scientific explanation ability: Nurturing the pre-service teachers to design innovative PO+E teaching plan and teaching*. Paper presented at 2018 International Symposium on Education and Social Sciences (ISESS), Okinawa Convention Center, Okinawa, Japan.
- Lu, C. C. (2019, May, 21-23). *Elementary pre-service teachers applied "POE & scientific explanations with text scaffolding" to design science course plans and teach in the elementary school*. Paper presented at 2019 The 5th Asia-Pacific Conference on Social Sciences & Management (APCSSM), Courtyard by Marriott Seoul Times Square, Seoul, South Korea.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- National Research Council [NRC] (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*. New York, NY: Oxford University Press.
- Sandholtz, J. H. (2002). In-service training or professional development: Contrasting opportunities in a school/university partnership. *Teaching and Teacher Education*, 18(7), 815-830.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding* (pp. 44-64). London, England: Falmer Press.
- Wu, H. K., & Hsieh, C. E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in Inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28 (11), 1289-1313.
- Zari, M. P. (2015). Ecosystem processes for

biomimetic architectural and urban design. *Journal Architectural Science Review*, 58(2), 106-119.

附錄一：PO+E 微型教學評量表（MTAP）		評分				
		5	4	3	2	1
預測 P	1. 教師能提問開放式問題，啟發學生進行高層次思考，例如：批判思考。					
	2. 教師的提問用語明確，學生能跟隨教師的提問進行個人的預測。					
	3. 學生在預測過程中，教師能適時引導，讓學生持續完成預測。					
	4. 教師設計的學習單，能讓學生把預測結果和理由做完整的紀錄。					
	5. 在實驗前，教師能讓各組學生分享自己的預測結果及理由。					
實驗 觀察 O	1. 在實驗前，教師能將實驗步驟及注意事項講解清楚。					
	2. 在實驗前，教師能事先告知學生實驗觀察的重點在哪裡，並且有設計表格、空格以記錄觀察內容。					
	3. 教師能引導學生正確進行實驗活動，並且仔細的觀察，並對應自己的預測。					
	4. 教師設計的學習單，能讓學生將觀察到的現象，並做完整的紀錄。					
	5. 學生能記錄觀察實驗結果和原先的預測是否相符合。					
科學 解釋 能力 +E	1. 教師能有效的引導學生填寫「實驗過程」。					
	2. 教師能有效的引導學生填寫「實驗結果」。					
	3. 教師能有效的引導學生查詢「實驗的科學原理或證據」。					
	4. 教師能有效的引導學生填寫「對該實驗下結論」。					
	5. 教師能有效的引導學生填寫「尋找例外」。					
	6. 教師能有效的引導學生填寫「提出主張」。					
整體 表現	1. 實驗活動的設計能符合教學目標。					
	2. 能幫助學生從實驗過程中獲得科學過程技能。					
	3. 藉由這樣的實驗教學，學生能培養良好的科學態度。					
	4. 能有效管理教室常規，鼓勵學生踴躍發表。					
	5. 控制教學時間合宜，維持流暢的教學。					
總評與回饋						

附錄二：POEST 教學評量表 (MTAPS)		評分				
		5	4	3	2	1
預測	1. 教師能提問開放式問題，啟發學生進行高層次思考。					
	2. 教師的提問用語明確，學生能跟隨教師的提問進行個人的預測。					
	3. 學生在預測過程中，教師能適時引導，讓學生持續完成預測。					
	4. 教師設計的學習單，能讓學生把預測結果和理由做完整的紀錄。					
	5. 在實驗前，教師能讓各組學生分享自己的預測結果及理由。					
實驗觀察	1. 在實驗前，教師能將實驗步驟及注意事項講解清楚。					
	2. 在實驗前，教師能事先告知學生實驗觀察的重點在哪裡，並且有設計表格、空格以記錄觀察內容。					
	3. 教師能引導學生正確進行實驗活動，並且仔細的觀察，並對應自己的預測。					
	4. 教師設計的學習單，能讓學生將觀察到的現象，並做完整的紀錄。					
	5. 學生能記錄觀察實驗結果和原先的預測是否相符合。					
科學解釋	1. 在實驗後，教師能請學生將觀察結果與預測做對照。					
	2. 教師能引導學生比較實驗結果和預測是否符合，引發討論。					
	3. 教師設計的學習單，能讓學生根據討論結果寫下合理的解釋。					
	4. 教師能引導討論，讓學生從實驗結果的解釋歸納正確的科學概念。					
	5. 教師能引導討論，讓學生提出的解釋合乎邏輯推理。					
ST 與評價	1. 引導學生填寫主張內容的精緻性與邏輯思考，符合優秀程度。					
	2. 引導學生填寫證據內容的精緻性與邏輯思考，符合優秀程度。。					
	3. 引導學生填寫推理內容的精緻性與邏輯思考，符合優秀程度。					
	4. 引導學生填寫的科學解釋能達到指出因果關係的能力。					
	5. 引導學生填寫的科學解釋能達到應用圖表提出解釋的能力。					
總評與回饋						

er