

成果報告

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMS1100267

學門專案分類/Division：數理

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

地質做中學

(普通地質學/石油地質學)

計畫主持人(Principal Investigator)：張英如

協同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣海洋大學 /
地球科學研究所

成果報告公開日期：

☐立即公開 ☒延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022 / 9 /20

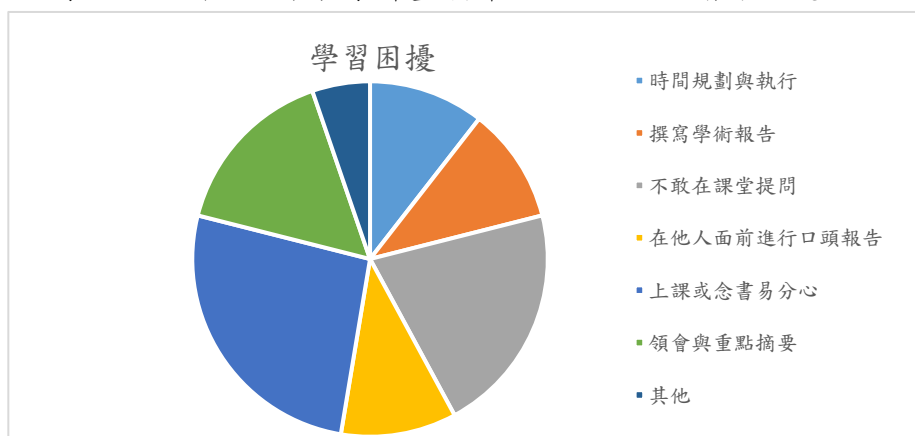
地質做中學

一. 本文 Content (3-15 頁)

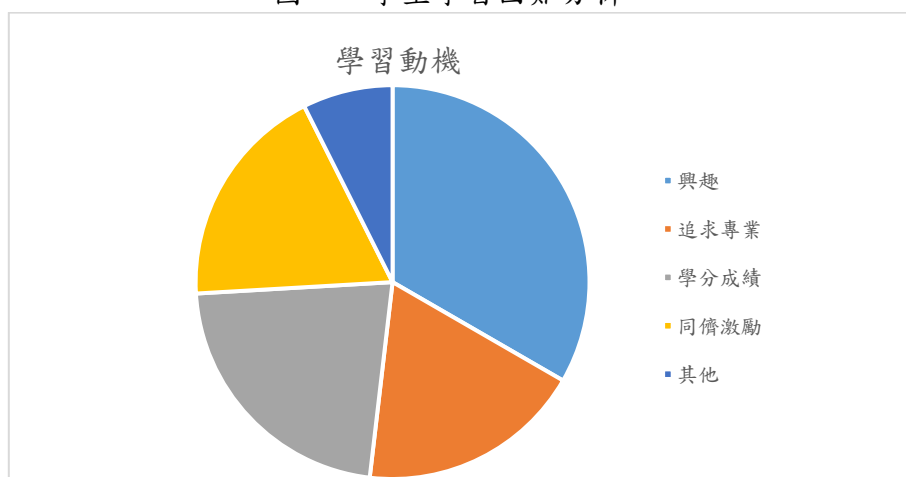
1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

本研究之發想來自於在課堂上遇到的問題，老師們遇到最顯而易見的問題即是老師在台上很努力地傳遞知識，學生時常有聽沒有懂，知識傳遞端和接收端往往有所差距；為了避免學生注意力不集中的情況，老師會希望提升師生互動，然而，部份學生可能因為害羞、不敢表達而選擇沉默以對，不擅長亦不喜歡參與提問與討論，學生處於被動學習狀態。此外，申請人之授課課程為「普通地質學」、「石油地質學」，地質學是研究人類所居住的地球的科學，人類生活和資源開發都與地球息息相關，地質學之所有知識都蘊藏在大自然中，加上臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊之碰撞聚合帶，為全球地殼變動最劇烈的環太平洋火山地震帶，劇烈的造山運動造就了無數稀有而絕美的地質景觀，同時也產生天然氣、天然氣水合物、地熱、金瓜石金礦等能源資源，資源開發仰賴充足的地質知識，教育者應致力於提升學生的地質能力，讓學生更貼近自然環境，進而在從事地質工作時，能用地質專業為國家社會盡一份心力。

本研究進行學生學習困難之調查，學生普遍反應上課容易分心、不敢在課堂提問等問題(圖一)，學習動機主要因素為興趣、學分需求及同儕因素(圖二)，有鑑於學習成效和學習興趣息息相關，體認到學習不該侷限於教室，應該走出教室親臨野外現場，一來增加課程的豐富度，二來更有助於學生的理解，故本教學計畫預計將從四個面向著手改變。



圖一、學生學習困難分析。



圖二、學生學習動機分析。

- (1) 學習地點的改變，執行體驗教學：本研究計畫將學習地點延伸至野外環境，讓學生能親臨現場體會大自然的鬼斧神工、實地考察造山帶的證據、海岸地形如何變遷、化石所指示的環境意義，亦能更進一步進行微尺度的觀察和測量，將有助於學生理解眼前所見之沉積特徵和構造之成因，明白自己生長的這片土地之獨特性，進而衍生對土地之認同感與提升愛護地球的態度。
- (2) 報告與討論交流平台的改變：將討論的空間轉換至學生熟知的網路平台，讓學生用多元及創意的方式表現自我，藉此吸引有興趣的人士共同參與討論，亦能擴展視野建立人際網絡。
- (3) 善用網路工具，學習辨別知識的正確性：在課程中將政府機關建立之網路資訊加入課程中，教導學生善用網路地質資源，讓知識的學習更加多元化。例如：引進經濟部地質調查所的「臺灣地質資料整合查詢」、「臺灣地質知識」、「臺灣活動斷層」、「土壤液化潛勢查詢系統」、「公開火山活動觀測資料」，學生們藉由這些實際查詢、分組討論，從地質的觀點認識自己所居住的環境，對於環境中有哪些潛在的危害或需要留意的地方能更加瞭解。
- (4) 評量方式的改變：本計畫將採多元評量的方式進行學習成效的評估，包括：傳統紙筆測驗、線上測驗、課堂 Kahoot 測驗、分組討論、野外實作等方式鑑別學習成效的深度，讓學生在多元刺激下學習。

2. 文獻探討 Literature Review

教育家杜威(John Dewey)於1938年出版的「經驗和教育」(Experience and Education)，為現代「體驗學習」理論之起源。經驗是生物適應(accommodation)與調適(adjustment)環境的基礎，生物在生存過程中和環境不斷交互作用所產生的(Dewey, 1934)，杜威認為人類運用觸覺、視覺、聽覺等感官所獲取的事物都是經驗的材料，透過操作過程獲取經驗，讓學習者與生活環境產生互動達到學習的目的(Dewey, 1938)，因此，杜威主張的「做中學」(learning by doing)與「動手做」(hands-on)教學策略廣泛運用於不同學習場域。

「動手做」即為經驗取得的直接來源。透過多元感官接收各項資訊，感受操作過程與環境的直觀經驗，進而促進大腦資訊統整(Dewey, 1938)，每個新的經驗都將以過去的經驗為基礎，並對未來新的經驗產生影響與改變，對後續新的經驗加深、加廣(Dewey, 1938)。相較與傳統講授式上課，「動手做」可讓學習者透過觸覺感受「力」、「溫度」、「重量」等直觀感受，藉由多樣的感觀經驗，能對於環境有更深入的瞭解(朱耀明，2011)，提升觀察力和感觀能力。

「動手做」對學習動機(Goodman, Freeburg, Rasmussen, and Di, 2006)、學習成效(Hearns, Miller, and Nelson, 2010)、理解(Gerstner and Bogner, 2010)、解決問題(鄭禎信，2006)、創造力(李賢哲，2001;林智皓，2007;蕭顯勝，洪琬諦和伍建學，2009)都具有正面影響，對學習障礙的學生也十分有幫助(Rother, Rother, Pleus, and Belzen, 2010)，亦能應用於地球科學的野外課程中。

地質學(Earth Systems Science)是具有獨特性的科學，是以「地球行星」為主要架構的科學(Mayer, 1992)，研究範疇包括：地球組成物質、形態、構造、內營力和外營力作用、演化過程、地史及地球外乃至整個宇宙的科學，而人類生活於地球上，由此可知地球科學和人類有密不可分的關係，學習地質學或地球科學，教科書並非唯一的教材，而教學場址也不該侷限於教室，應廣泛利用自然界的教學資源，利用現地教材，讓學生以最直接的方式獲得地質學的知識，因此帶領學生投入大自然裡學習是必要的(李春生與陳培源，1987)。

李春生與陳培源(1987)、魏國彥(1979, 2018)皆認為地質學具有四個獨特性：

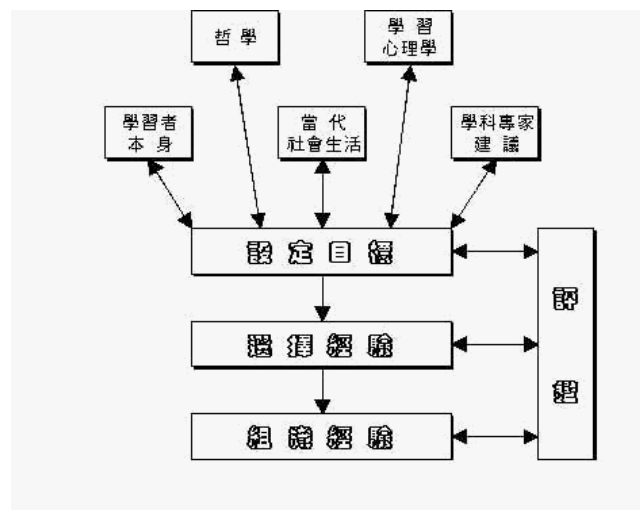
- (1) 自然界的地質作用全在開放系統下運作，其變數多元且繁複。
- (2) 從廣義及終極目地而言是歷史的科學。
- (3) 研究的範圍，在空間上可從極大到極小，重視推理的「正確性」遠勝於其「精確性」。
- (4) 重視實用性，關心人類居住的環境及資源的利用。

Mayer 認為地質學具有三大貢獻(Mayer, 1991)：

- (1) 哲學方面：地質學的研究在時間尺度上可延伸至數十億年以上，在空間上則可擴及整個宇宙(不同星球的地質)，提升對廣大宇宙的認知，使人們瞭解自己在宇宙中的地位，消除以自我為中心的思想，使人類避免自我膨脹，進而產生珍惜資源及愛護環境的情操。
- (2) 方法學方面：地質學的研究是處於空間上無數變因及交互作用的開放系統，時間上動輒數百萬年的長時間尺度變化，不易在實驗室中重現。因此，地質學的研究方法多具有歷史特性，需利用觀察、描述、彙整資訊等方式呈現成果。
- (3) 概念方面：地質學利用新科技以獲得對地球環境的整合性資訊，將地球視為一個系統的角度來看地球上各個次系統所發生的變化，以及其間的交互作用，則能進一步瞭解全球變遷的機制，為生存環境尋得永續利用的方法。

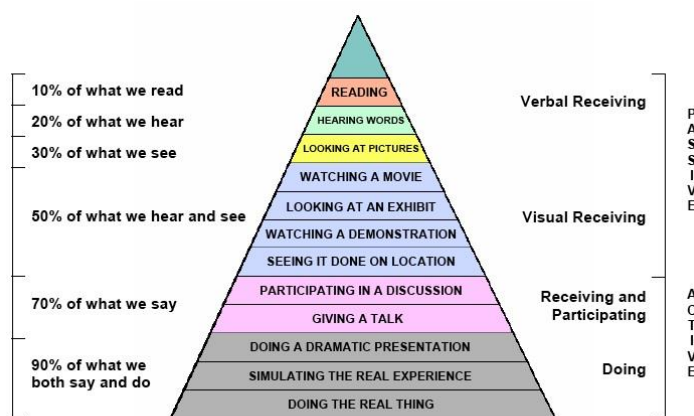
Bruner(1966)提出的教學模式是先由參與經驗、其次是經圖像呈現，最後才是抽象表徵模式。當代課程設計大多依據 Tyler(1949)「課程與教學的基本原理」(圖三)，首先訂定教育目標(Attain Educational Purposes)，接著組織(Organize Learning Experiences)，選擇學習經驗(Select Learning Experiences)，並在過程中根據目標加以評鑑(Evaluate The Effectiveness of Learning Experiences)。Association for Experiential Education (1995)指出體驗教育是一個人直接透過體驗而建構知識、獲得技能和提升自我價值的歷程，由此可知從實務體驗獲得知識之重要性。

地質學中的野外(field)是指任何岩石、礦物或地質現象所自然存在的現場。野外觀測為地質學研究的起點，亦是獲得地質知識最基本的方法，野外地質調查的目的和動機包括一般學理上、科學上的研究以及應用層面上的探討，這樣的野外觀測獲得知識和進行學術上的研究，符合 Dale(1946)提出「經驗錐」(Cone of Experience)理論(圖四)，指出人們從實際操作、現地參觀之「實做」最容易進行學習，其次是影音、多媒體、圖像視覺之傳播，最後才是抽象的文字和口語陳述所提供的學習經驗，而野外地質調查相當於「有目的的直接經驗」層次，屬於最具體的學習經驗(楊榮祥，1985；李春生與陳培源，1987)。



圖三、Tyler 的課程設計模式。

(圖片來源: <https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/pito/background.htm#sec6>)



Edgar Dale, *Audio-Visual Methods in Teaching* (3rd Edition). Holt, Rinehart, and Winston (1969).

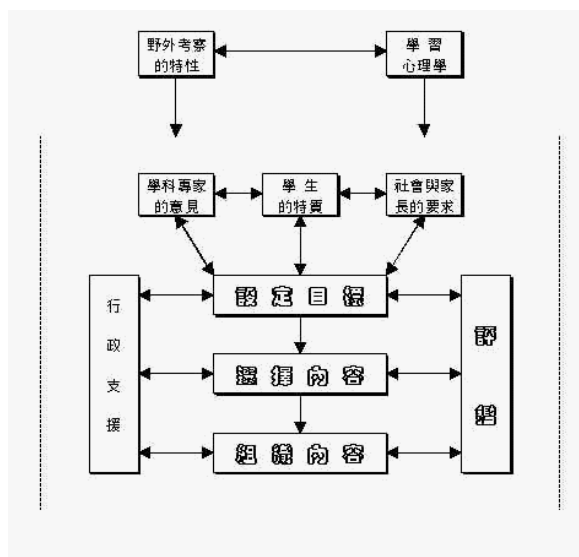
圖四、Dale 的「經驗塔」(Dale, 1954)。

(圖片來源:<http://edu-exam-note.blogspot.com/2012/03/edgar-dale.html>)

在地球科學的課程中，總會適時的安排野外課程，但往往受限於行政法規、行政作業配合度、教學負擔、學生野外安全性、教師野外教學經驗等因素，而不易落實 (Disinger, 1984)。然而，地球科學的學習往往需要走出教室，利用野外實地考察活動，才能提供學生最直接認識環境的機會，讓學生在野外親自動手探究，才能真正落實地球科學的學習精神 (Landis, 1996)。在美國提倡戶外教育學家 Hammerman 曾在「Teaching in the Outdoors」一書中指出戶外教育的重要性包括 (周儒和呂建政譯，1999)：

- (1) 增進師生關係的發展：在戶外環境中，有別於教室的有限空間限制，學生能夠看見教師自然的一面，教師亦能在自然環境中去瞭解學生、親近學生，這樣的瞭解與互動，是在傳統教學環境中是不易見的，有助於建立良好的師生關係。
- (2) 教學時間不受限制：在戶外環境中，教師與學生們有較長且較完整的時間進行教學，不會用受到上下課鐘聲、更換教室、教室施工等因素的影響，提供學生密集、廣泛且直接的研討學習環境。
- (3) 透過解決問題來進行教學：在野外設計問題達成學習目標，學生無論是個人或小組，透過觀察、蒐集資料、試驗、執行、修正調整、再次執行，反覆進行直到達成目標。在野外透過解決問題的過程，養成獨立思考，非一味依賴教師的學習。
- (4) 探索的喜悅：戶外環境能提供學生享受探索和體驗的樂趣，這些喜悅是在教室環境中難以達成的。
- (5) 瞭解書中的資訊：當學生在戶外經由自己觀察所發現的事物(沉積構造、化石...)，學生的印象會比較深刻，亦會更有興趣想知道「書上寫了些什麼？」這樣學習動機激發學生自發性的去查閱更多的相關資訊，有助於啟發學習興趣。

由此可知，學生透過觸摸、觀察、感覺等方式學習，並與自然融合，有助於增進學生對整個環境的瞭解。周家祥(1994)修改 Tyler 的課程設計模式，特別著重「野外考察的特性」及「學習心理學」二部份(圖五)，野外考察在地質學上的重要性已獲得認同；而學習心理學在教學情境中亦是重要的關鍵，學生特質、專家意見及社會業界需求三方面，也是訂定教育目標時不可忽略的因素。陳文山(2015)之「臺灣地質科學教育之現況與隱憂」提及全球暖化造成地球環境變遷導致地質災害頻繁，政府與民間機構極須具備有實務經驗的地質學家，透過戶外環境所提供的學習經驗可以提供完整脈絡的學習，培養學生用宏觀的角度理解科學，依次設計教學模式，順應野外地質調查的教育目標，進而完成整個活動的設計，使學習變得有意義、更有趣，以達到「理論」與「實務」結合的目的，亦突顯野外地質考察在地質教育的價值。



圖五、周家祥的地球科學考察活動設計模式(周家祥、1994)。

3. 研究問題 Research Question

探討學生之學習困難包括:學生在課堂上容易分心、害怕在上課提問等。學生上課的專注程度和學習興趣息息相關，如果能提升課程的活潑性、生動性，激發學習興趣，則能有效改善上課分心的問題。對於害怕在課堂上提問之同學則可利用 LINE、YouTube、TronClass 等平台，讓害羞的同學有個低調的表達意見的機會，即使非提問者，也能藉由同儕的提問，解答了自己的問題。

本計畫著重在做中學，然而，如果無法在課堂上建立基本知識，直接帶學生到野外考察，學生可能仍然抓不到觀察重點，亦或無法理解地質現象之科學意義，因此，在執行設計上需要課堂授課和野外考察相輔相成，讓學生能在野外中喚醒課堂所學之記憶，而這樣的記憶才能長久延續。


4. 研究設計與方法 Research Methodology

研究目的在於引發學生之學習動機，將學習與自然環境作連結，增加對自然環境的認識，激發對大自然的喜好，進而培養地質專業能力。課程之翻轉教室之設計如圖六所示，分別包括:課堂時間和課外時間。課堂時間又分為在教室上課的時間和將學習延伸到野外的時間，在教室上課的重點在於傳達基礎知識，為增進師生互動，除了傳統口述教學亦融入了字卡教學、即時搶答、Kahoot 即時學習成效測驗，這部份的即時測驗旨在快速掌握學習成效，即時導正觀念和教學節奏。在野外授課則著重在實做和探索中學習，野外考察會先帶同學看標準露頭，告訴同學觀察重點以及地質意義，再讓學生自由觀察、發掘其他沈積構造、特殊構造與化石。每一個考察點都會設定學習目標，學生需要像尋寶般完成任務(圖七)，而這樣的實作評量必須在完全理解的狀況下方能完成，學生無法用猜的蒙混過關，可有效達到具鑑別性的學習成效測驗。


為了讓學習不被教學時數和教室侷限，本計畫將學習的搖控器交到學生手上，課程中會將重點學習項目、Kahoot 測驗解說及補充教材製作成影片，建立記憶層次的學習，提供學生可反覆學習的機會。認真積極的學生定會主動觀看影片，然而，為了避免學生不拿起搖控器，本課程亦設計考核機制，得以從中瞭解學生之學習狀態。



圖六、本計畫翻轉教室之設計。




富岡地質公園



岩性:

地質意義:


 **找看看**

☐ 鮑瑪序列(濁流岩層序)

☐ 流槽鑄痕 (Flute casts)

☐ 荷重鑄型 (Load casts) 、火焰構造
(Flame structures)

☐ 生痕化石



記得拍照記錄!!!

圖七、野外考察設計學習重點。

第二步為教導學生分辨知識的正確性，並學會如何善用網路資源，利用經濟部地質調查所的「臺灣地質資料整合查詢」、「臺灣地質知識」(圖八)、「臺灣活動斷層」、「土壤液化潛勢查詢系統」、「公開火山活動觀測資料」…等資訊提升學生對於環境的認識，並可應用到課程之報告。鼓勵學生加入特定屬性(或學生有興趣)的網路社團，目前建議之社團有:「地質知識網絡」、「地質教育研究會」、「地球科學討論站」、「沉積/Sedimentology」,藉由社團發文、交流，提升日常生活中吸收地質知識的管道和頻率，讓學習不僅僅在教室中，亦可透過這樣較為輕鬆的交流方式，結識同好，為學生建立良好的人際關係。



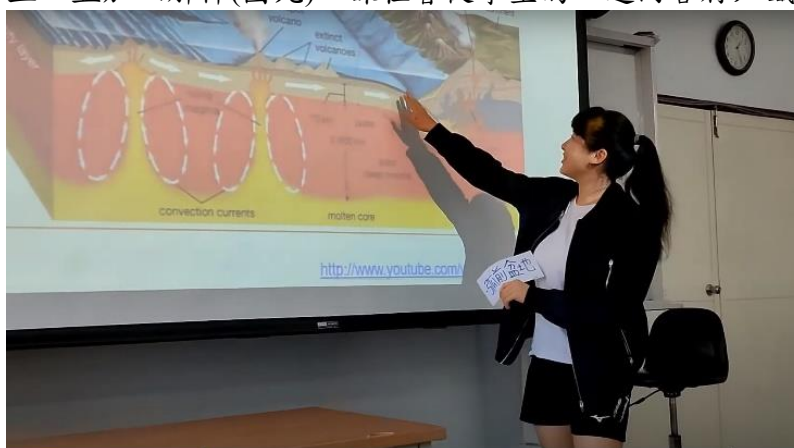
圖八、鼓勵學生追蹤特定科學社團，讓學習延伸到日常生活中。

5. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

(1) 教學過程與成果

1-1 利用字卡教學建立先備知識(prior knowledge)和學習信心

為了增進和學生之互動，本課程除了傳統口述授課，亦運用圖片、字卡與影片說明，讓課程更生動化，也將重點融入問答中，為學生建立先備知識，提升信心度，再增加學習的深度。比方說，為了瞭解學生對於大陸飄移、海底擴張、板塊構造學說的基本認知，預先製作與其相對應資訊的字卡，上課過程中發放字卡給學生，學生必須在上課過程中將手上的牌發出來貼到相呼應的主題上，並加以解釋(圖九)，課程會從學生的口述內容將知識更深化。



圖九、同學上台講述字卡的過程。

字卡教學可培養學生的邏輯思考與表達能力，也能讓授課老師得知學生的想法，利用字卡問答增加與學生的互動，提升同學的課堂參與度，有助於學生的學習成效，也能解決上課分心的問題。課堂中之互動式教學過程製作成影片(圖十)，提供給學生課後複習和多次學習的機會，讓學習的搖控器掌握到學生手中。



圖十、將字卡教學製作成影片並上字幕，供學生課後複習。

1-2 野外考察和實作課，讓學生從動手做中學習，增加學習成效

地質學是研究地球的科學，學習場域應親臨野外現場，讓學生進行有意義的學習活動，在每一個野外考察點皆會設立觀察目標和學習重點，讓學生有意識的思考正在進行的事(圖十一)，同時利用任務導向的方式，讓學生進行探索、在野外尋寶，同學透過完成任務作為學習成效的考核，同學也能在過程中進行自我學習與同儕組員共同探索(圖十二、圖十三)，解決問題導向的學習。



圖十一、執行野外考察時，先行解說，圖片中為講授生痕化石的情況。



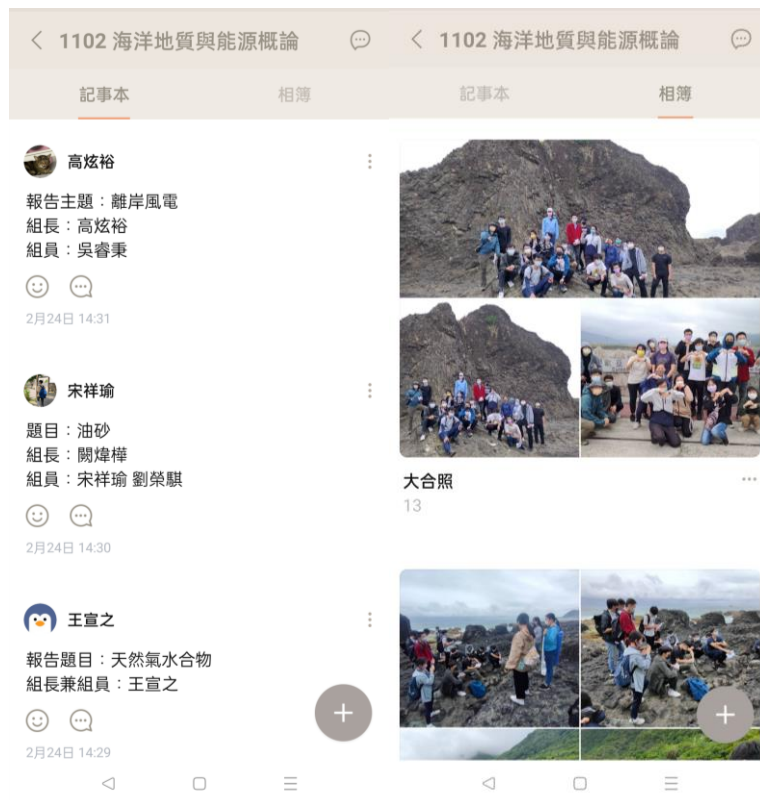
圖十二、學生開始在野外尋找生痕化石，把觀察到的生痕畫下來，進行探索式學習。



圖十三、學生在野外進行分組學習，有問題也能即時發現、即時解決。

1-3 建立交流平台

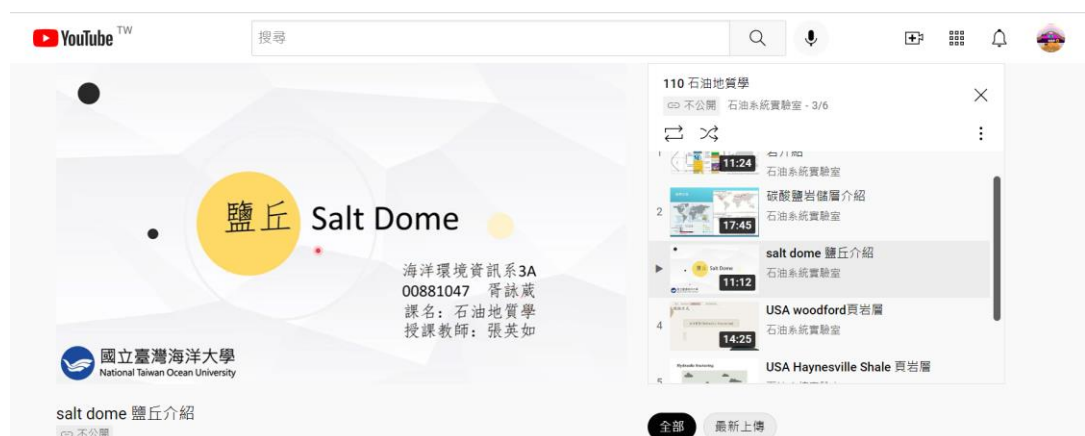
在學生之學習困難調查中顯示，有些同學即使有問題也不敢在課堂上提問，也害怕表達自己的想法，為此本計畫在 LINE 設立課程群組(圖十四)，方便學生有個可以表達意見的管道，其他同學提出的問題，也有可能是自己的疑問，因此可整合統一答覆。LINE 平台可建立相簿、筆記本，亦可進行小組討論，讓學習不受限於課堂上。



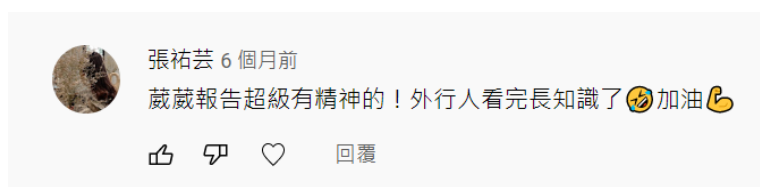
圖十四、在 LINE 建立群組，提供學生討論、資訊交流的管道。

1-4 Learning by Teaching

做中學及從教導他人中學習都是屬於高層次之學習，透過這樣的學習方式，知識將被記得更牢，可加深學習記憶，有助於提升學習成效。本計畫在課堂中執行 Learning by Teaching，學生進行能源議題及非傳統油氣資源之報告(圖十五)，讓學生試著當老師，教導同學並回答問題，報告之內容製作成影片，提供學生反覆複習的機會，有疑問之處亦能在影片下之留言區進行討論(圖十六)。



圖十五、Learning by Teaching 執行狀況。





圖十六、同學在影片留言區進行討論，讓學習不被教室侷限，促進課堂外的討論。

1-5 學習成效評估

為了能即時掌握學生之學習成效，驗收學生之吸收狀況，找出學習盲點，進而適時調整上課節奏，會在完成課程單元後進行 Kahoot 測驗，針對學習盲點或學習困難之處再次加強說明，導正想法、釐清觀念，以趣味學習為教學宗旨，達到傳遞知識之目的(圖十七)。Kahoot 之學習成效測驗是屬於比較淺層且即時之學習成效評估，目的在於快速掌握學習狀況，同時也為學生建立學習信心，改善學生上課容易分心的問題，增加學習續航性，提升同學上課意願，經由上課過程中可發現學生覺得 Kahoot 很有趣，會很期待 Kahoot 測驗。除此之外，可利用 Kahoot 點名及平時成績計算。



圖十七、上課過程中執行 Kahoot 之狀況，可藉此導正觀念，對於表現良好之同學予以獎勵。

把學習的搖控器交到學生中手之學習成效評估，可發現九成的學生都會自主性的完成學習進度，並且平均成績有 80.6 分(其中最低分為申請者之助教)，顯示這樣的方式有利於學生主動學習(圖十八)。



圖十八、學生自主學習之學習成效分析。

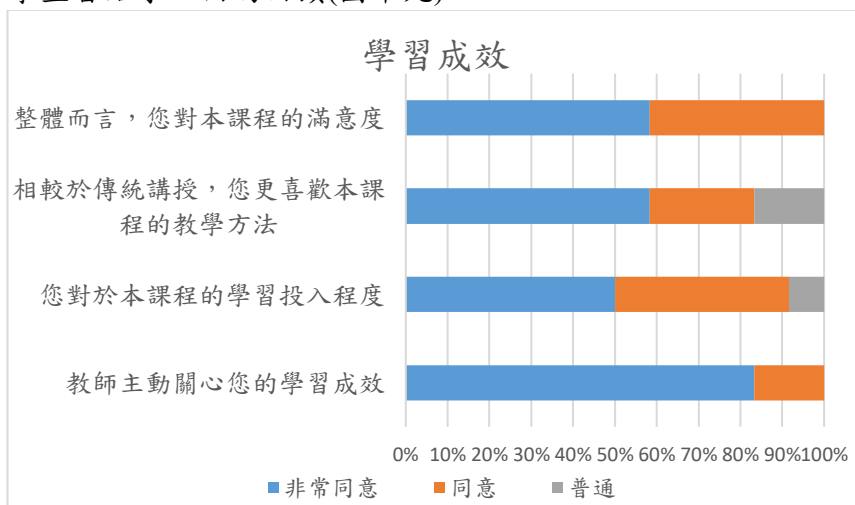
(2) 教師教學反思

執行地質做中學計畫，從行程規畫、課程設計以及多元評量教學相長下，自己的功力也提升許多，特別是與學生的距離拉近不少，透過良好師生互動能引發學習動機，學生課堂參與度高，也會適時提問、提出自己的看法，促進學生自主學習提升學習成效。

在授課過程中，還面臨了疫情的考驗，除了施打疫苗，每位老師也都注入了疫情時代下的教學功力疫苗，需要花心思設計活動來拉住學生的專注力，我相信付出心力，學生都會感受到，所以，當自己願意去突破、改變，也去正視學生的需求時，其實都能在過程中獲得實質的反饋，這也是作為一個教師最欣慰的時刻。

(3) 學生學習回饋

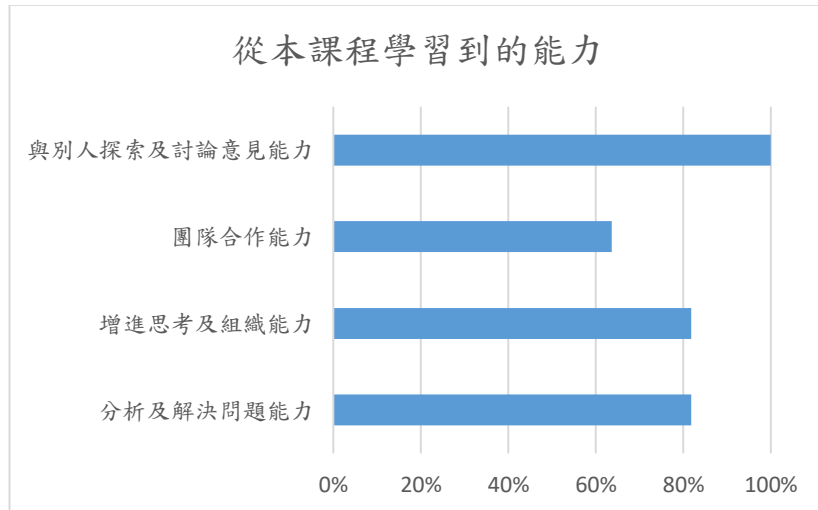
從學生之學習成效調查中可見，100%學生對課程表示滿意，並且表示比起傳統授課，更喜歡本課程之教學方式，學生投入程度也達到九成，整體而言，學生皆給予正面的回饋(圖十九)。



圖十九、學生之學習成效調查。

完成課程後，學生們都反應學習到探索和討論意見的能力，學生能從原本害怕發言、不擅表達意見，在野外考察的探索中，逐漸將這項恐懼克服了。思考能力與解決問題的能力也都有所提升，團隊合作的能力則略超過60%(圖二十)

，是未來可以再進步的地方。

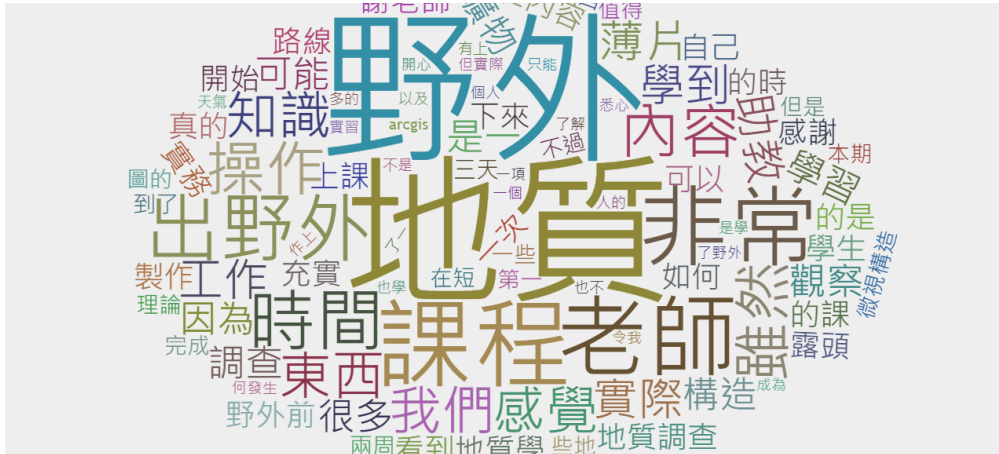


圖二十、學生從課程中所學習到的能力。

6. 建議與省思 Recommendations and Reflections

執行本計畫最大的收穫是能更貼近學生的想法，也能因為活動設計和野外考察激發學生的好奇心和興趣，惟上課時數是固定的，翻轉教室設計和課程進度需要妥善拿捏時間。

人的一生中會上過無數次的課，上課的內容也許會隨著時間流逝，但相信學生會永遠記得有個人帶著他們在荒效野外爬上爬下，觀察著身旁的岩石，體會這片土地的意義。相信從這次的課程是一個改變的契機，學生會在往後的每一次出遊都會試著用地質的角度去觀察這片土地，跳脫觀光客的視角，在學生心中種下的種子，期待在未來會開出屬於他們的美麗花朵。



圖二十一、學生心得報告彙整之文字雲。

二. 參考文獻 References

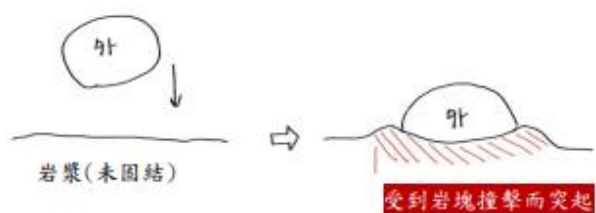
- Association for Experiential Education (AEE). (1995). AEE definition of experiential education. The AEE Horizon. 15(1), 21.
- Bruner, J. S. (1966). Toward a theory of instruction (Vol. 59). Harvard University Press.
- Dale, E. (1946). Audio-Visual Methods in Teaching. New York: The Dryden Press.
- Dewey, J. (1934). Art as experience New York: : Minton, Balch and Company
- Dewey, J. (1938). Experience and education. New York, NY: Macmillan.

- Disinger, John F. (1984). Field Instruction in School Settings. Eric Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education Columbus OH.
- Gerstner, S., and Bogner, F. X. (2010). Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education*, 32(7), 849-870.
- Goodman, B. E., Freeburg, E. M., Rasmussen, K., and Di, M. (2006). Elementary education majors experience hands-on learning in introductory biology. *Advances in Physiology Education*, 30(4), 195-203.
- Hearns, M. K., Miller, B. K., and Nelson, D. L. (2010). Hands-On Learning Versus Learning by Demonstration at Three Recall Points in University Students. *Otjr-Occupation Participation and Health*, 30(4), 169-171.
- Landis, Carol (1996). Teaching Science in the Field. Eric Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education Columbus OH
- Mayer, V. J. (1991) Earth system science. *The Science Teacher*, v.1, p.35-p.39.
- Mayer, V. J. etc. (1992) The role of planet earth in the new science curriculum. *Journal of Geological Education*, v.40, p.66-p.73.
- Rother, K., Rother, M., Pleus, A., and Belzen, A. U. Z. (2010). Multi-stage learning aids applied to hands-on software training. *Briefings in Bioinformatics*, 11(6), 582-586.
- Tyler, R. W. (1949) Basic Principles of Curriculum and Instruction. The University of Chicago Press.
- 朱耀明 (2011) 「動手做」的學習意涵分析。生活科技教育月刊。
- 李賢哲 (2001) 以動手做 (DIY) 工藝的興趣培養中小學童具科學創造力之人格特質。科學教育(243), 2-7。
- 李春生和陳培源(1987)地質野外考察實習在地球科學教育上的功能。中等教育 38(1), 18-20。
- 林智皓 (2007), 樂高(LEGO)動手做教學對國小學童科學創造力影響之研究。碩士論文, 國立臺東大學教育學系。
- 周家祥 (1994) 地球科學野外考察活動設計—範例一、鼻頭角。國立台灣師範大學科學教育中心, 國民中學數學及自然科學課程教材教法個案研究計畫(地球科學科), 第 1-24 頁。
- 周儒和呂建政譯 (1999) 戶外教學。台北: 五南。
- 陳文山 (2015) 臺灣地質科學教育之現況與隱憂。地質, 第 34 卷, 第 4 期, 第 56-59 頁。
- 楊榮祥 (1985) 生物科教學模式研究。高立圖書公司, 共 426 頁。
- 鄭禎信 (2006) 科技創新活動中問題解決歷程之「問題發現」研究—以高中生高溫超導磁浮創意競賽活動為例。碩士論文, 國立高雄師範大學, 高雄。
- 蕭顯勝、洪琬諦、伍建學(2009)。以網路遊戲實施科技創造力教學之研究。藝術學報: 表演類 (革新版) (84), 93-116。
- 魏國彥 (1979) 地質學的性格。演化-臺灣大學地質學會會刊, 第 6 期, 第 25-28 頁。
- 魏國彥 (2018) 為地球而科學。時英出版社, 共 446 頁。

三. 附件 Appendix (請勿超過 10 頁)

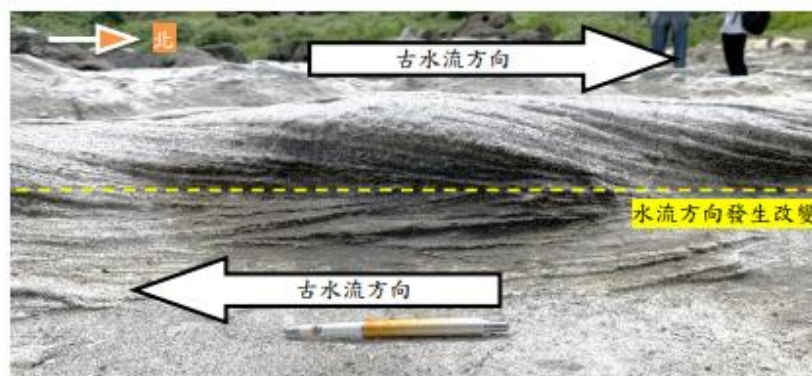
學生之野外考察報告摘錄和心得:

撞擊構造：凝灰岩尚未固結時遭到其他岩塊撞擊，造成岩塊周圍形成一圈突起的構造。示意圖如下：



熔結構造：代表凝灰岩尚未固結時曾經流動，造成當中夾雜的碎屑岩有方向性的排列。

■ 交錯層



圖為魚骨狀交錯層，代表古水流方向曾經發生改變。

石梯坪之野外考察

岩性：火成岩（安山岩質之火山岩）

烏石鼻為台灣本島最大規模的火成岩柱狀節理構造。多由安山岩構成。



位於火山頸口通道位置（位置B、C）。每次岩漿噴出之位置不同，故形成許多方向雜亂之節理。



岩漿可能的漫流方向

垂直節理位於遠離火山頸處（位置D）。推測岩漿可以在遠處噴發，岩漿遠離火山頸並漫延至此處，形成垂直地面的柱狀節理。



在垂直柱狀節理可觀察到較明顯之六邊形



烏石鼻之野外考察

利吉惡地

- 利吉惡地是我這兩天去過景點裡覺得最特殊的景點了，這邊以泥岩為主是**板塊隱沒作用主要**的地方，這邊的外來岩塊是由不同板塊所帶來的與石梯坪的不同，且岩層不斷經過翻攪所以顆粒的粒徑非常的細緻，甚至比砂岩都還要細。泥岩質地非常鬆軟只要一下雨就很容易崩塌，採集甚至不用地質槌用手摳就能摳下來。



圖左惡地經過不斷的翻攪因此看不到層面



圖右泥岩上面光滑的部分為**鱗片狀構造**，成因是隱沒作用時期不斷摩擦所造成的

利吉層之野外考察。

心得

- 這兩天下來學了很多地質的知識，我受益良多，除了學到了怎樣使用地質槌也學到了很多的地質知識，老師很用心地解釋，即便我不是本系學生也可以聽得進去，這兩天下來我們走訪了大大小小奇怪的地形，從這趟野外調查也改變我的心境，以前去地質公園也不會想那麼多就走馬看花而已，以後去這些地方時我更加用心地去品味這些地點的。



學生之野外考察心得。

心得:↵

這次很感謝老師帶我們出野外，從以前上地球科學課時就常想如果能到課本圖片中的地方親自看看有多好。整趟旅途中看到了許多地質景觀，在現地和朋友討論著產生這種地質構造的理論與前因後果對我來說非常有趣，透過各種觀察到的現象並彙整腦自己的看法來編造對於腳下這片地的形成歷史令我著迷。雖然被曬得很慘，但依舊對於周遭充滿好奇，想要更仔細的觀察，為這片土地的故事帶入更多細節。很喜歡老師或助教在我們問問題時都不會直接解答，而是透過各種線索讓我們去聯想來得到答案。這對我來說是個難忘的經驗，也讓我更加確信自己是喜歡地質的。↵，希望還有再次出野外的機會。再次感謝老師、助教以及同行的同學們。↵