

「現在是通往未來的鑰匙」： 地質學教學實踐的螺旋轉型與共學

■ 文／張英如 · 國立臺灣海洋大學地球科學研究所助理教授

教育部推動教學實踐研究計畫，鼓勵教師從課堂現場出發，透過持續的行動、實證及反思，逐步深化教學轉變。本文邀請獲得110、111、112年度績優計畫的國立臺灣海洋大學地球科學研究所張英如助理教授，分享她如何透過地質「做中學」、「教中學」及「概念圖」等創新教學方式，突破課堂時數與空間的限制，提升學習歷程的續航性和趣味性，進而強化學生的學習成效。

計畫的研究動機、目的與發展脈絡

地質學是一門極度依賴空間思維、時間尺度與野外實證的科學，誠如地質學家安朔葉教授（Jacques Angelier）所言：「地質不在教科書上，用腳走過才歷歷在目。」

學生面對複雜的空間構造，往往難以透過傳統口述教學達成深度理解，即使教師在台上戮力傳遞知識，知識的傳遞端與接收端存在顯著鴻溝，此外，學生或許能背誦理論，一旦置身於野外環境，卻往往陷入「見樹不見林」的認知迷航，無法有效轉化二維知識至三維空間，最終導致學習動機低落與被動學習。如何引發學習動機，讓大自然成為教室，並透過系統化工具強化認知結構，是計畫發想的起點。計畫採螺旋式上升（Spiral Curriculum）的發展脈絡，透過連續計畫執行，將「延續性」視為教學規劃的核心，每一年的研究構想皆是針對前一年反思後的深度回應與策略迭代，形成從「外部行為」到「內部認知」

的轉型路徑。

- **110年度（地質做中學）建立感知基礎**：體認到知識傳遞端與接收端的差距，遂以學生為中心，將教學場域從教室延伸至野外，透過手作與實地觀察，消除學生對地質專業的疏離感，提升學生的觀察力與感官能力。

- **111年度（地質教中學）強化教師增能**：從第一年的經驗中發現僅有場域改變是不夠的，若無結構化的引導，學生的觀察會流於表淺，筆者反思自身野外經驗與專業領域之侷限，體認到教學需持續精進，進而導入「協同教學」模式，透過與前輩教師進行「共備課、觀課、議課」的授業研究（Lesson Study）循環，此階段不僅豐富了教學內容，更將前輩的教學技巧內化為專業能量。

- **112年度（地質概念圖）**：雖有精確引導，學生在面對海量地質資訊時仍感到破碎，不知如何組織知識，遂引入「概念圖」作為後設認知工具，結合合作學習，協助學生組織知識體系，期



▲恆春半島野外地質考察大合照。（作者提供）

望將碎片化訊息整合成系統化認知，學生亦能從合作學習中，促進不同思維的腦力激盪。

理論架構：地質學教學實務的跨域整合與深層邏輯

地質學教育的本質不僅是知識的傳遞，更是一種觀察力、邏輯推理能力及空間想像力的綜合淬鍊。為了建立穩定且具延續性的教學實踐研究（SoTL）路徑，計畫整合了「經驗學習」、「認知建構」、「授業研究」及「素養導向評量」四大維度的理論基礎，建構一套從「感知體驗」到「知識統整」，最終導向「專業認同」的完整教學鷹架。

一、經驗學習與具體實作

地質學的核心知識皆蘊藏於大自然中，教育家杜威（John Dewey）主張經驗是生物適應環境的基礎，透過視覺、觸覺等感官獲取的材料，在操作過程中達成學習者與環境的交互作用（Dewey, 1938），這種「做中學」（learning by doing）與「動手做」（hands-on）的策略，能有效促進大腦資訊統整，並對學習動機、理

解力與問題解決能力產生顯著正向影響。野外地質調查為「有目的的直接經驗」層次，是最高效且最具體的學習模式，相較於傳統講授，實作學習能提供更高的學習保留率（Dale, 1946），落實地質學重視推理「正確性」勝於「精確性」的學門特性。

二、認知建構與知識視覺化

體驗若缺乏結構化的統整，容易流於「走馬看花」，本計畫執行至第三年（112年度）時，針對學生「缺乏資料整理能力」與「不太會抓重點」的學習困難，導入奧蘇貝爾（David Ausubel）的意義學習理論（Meaningful Learning Theory）。Ausubel（1968）主張新知識必須與既有認知結構產生連結才有意義，Novak（2010）將此理論發展為「概念圖」，概念圖不僅是視覺化的組織工具，更是促進高層次思考的「學習鷹架」，協助學生將零散的地質現象聯結成系統化的邏輯網絡，強化學生的統整能力。此外，概念圖可作為評估學習歷程的工具，讓教師得以追蹤學生從前測到後測的知識演化軌跡，將「現在是通往過去的鑰匙」此地質哲學轉化為直觀的科學框架。

三、教師增能與授業研究的專業共同體

在計畫執行的過程中，體認到個人專業視野的局限，進而將理論範疇由學生端擴展至教師專業成長，導入「授業研究」模式，透過「課前共備→觀課→課後議課」（Plan-Do-See-Reflect）專業循環（Lewis and Hurd, 2011）的實踐路徑，強調教師不再是教學孤島，而是透過「協同教學」與資深前輩專業對話，將前輩的教學知能（如：沉積學、碳酸鹽岩專業知識）內化為個人的教學技

巧，型塑出師生「共同前行」的學習共同體，達成教學相長的目標。

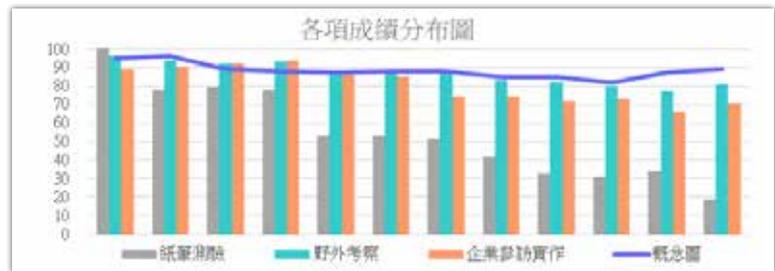
四、素養導向與成果導向教育的實踐

為落實核心素養教育，計畫採「成果導向教育」(Outcome-Based Education, OBE)，強調自主行動與社會參與。在評量設計上融入Stevens (2023) 及 Brookhart (2013) 主張的學習規範表 (Rubrics)，評量工具針對野外實作、口頭報告等主觀表現提供具體的向度與等級描述，提升評分的透明度與公平性，引導學生為自己的學習結果負責。此外，結合Super (1957) 生涯發展理論，將教學場景延伸至產業界 (如：中油、台電)，以縮短學用落差，強化學生的專業認同與職場競爭力。

研究問題：解構地質教育中的認知、實踐與成長障礙

地質學教育的核心策略在於如何將大自然這座「無牆教室」的資訊，轉化為學生腦中的系統化知識架構。本研究針對「傳遞—接收」斷層、空間推理障礙、知識組織效能及師生共學成長等面向，提出以下研究問題：

1. **空間轉化問題**：如何透過「做中學」野外實作任務設計，有效協助學生克服二維課本到三維野外實體認知的障礙並激發學生的內在學習動機？
2. **教師能動性問題**：實踐以「學生學習表現」為焦點的「協同教學」與「授業研究」，透過協同教學中的備、觀、議課機制，教師如何將傳統的「灌輸式教學」轉化為「引導式探究」，提升在非典型教室 (野外) 的教學效能？
3. **邏輯建構問題**：導入概念圖作為認知鷹架



圖一 學生之學習成效分析

與合作學習後，是否能提升學生對於複雜地質史的組織能力，並減少迷思概念的產生？

透過這些問題的層層遞進，試圖勾勒出一個從基礎認知到專業認同的全方位地質教育路徑。

研究成果：從實作體驗到認知結構重組的轉化

透過混合研究法 (Mixed Methods Research) 的三角檢核和持續滾動式實踐，累積量化數據與質性觀察，勾勒出學生從「被動接收」轉化為「主動探究」的路徑，研究顯示在地質認知的深度、空間推論的廣度，以及學習動機的內化上，均呈現顯著且正向的躍升。

一、學習成效之量化穩定性與多元評量之鑑別度

本研究打破傳統單一紙筆測驗的限制，導入多元評量體系 (Rubrics表現、Kahoot即時反饋及野外實作評量)。

1. **實作表現之優異性**：學生在「野外考察」與「企業參訪實務」之成績分布皆很不錯，分數穩定落在77至96分之間 (圖一)，有90%學生達到80分以上。研究發現，即便是在傳統考科表現平庸的學生，在野外實作任務 (如：古水流方向研判) 亦能達成高標學習目標，印證了「直接經驗」具備最高效的學習保留率。

2. **即時反饋引發動機**：透過Kahoot進行的課堂即時測驗，有86%的學生認為對學習具有正面幫



圖二 學生透過概念圖建構知識架構



圖三 課堂中和野外觀課，學習專業知識與教學技巧，促進教師增能

助。教師能即時掌握「知識盲區」並補強，改善了上課容易分心的問題。

二、認知工具之效能：概念圖對知識組織的「鷹架」作用

針對學生「缺乏資料整理能力」與「不擅長抓重點」的困擾，導入概念圖策略。

1. 認知結構的視覺化：透過繪製概念圖，學生能將零散的地質證據（如：古氣候證據、磁極軌跡）連結成具邏輯結構的命題（圖二）。分析發現，概念圖繪製的精緻程度與期末表現呈顯著

正相關，且其成績表現較紙筆測驗更具穩定性。

2. 學習歷程的追蹤和釐清迷思觀念：藉由比較「預習初測」與「授課後最終版」之概念圖，教師能追蹤學生的認知演化軌跡，並即時釐清在概念上的迷思。

三、「以教促學」與學習共同體的具體產出

1. 高層次學習的實踐：透過「以教促學」策略，學生擔任「老師」的角色針對「地熱」、「頁岩氣」等能源議題進行專題報告，驅動學生須將知識內化至最高層次（創作與評論），調查顯示學生在溝通協調與獨立思考能力上均有長足進步。

2. AR科技教材的輔助：利用 EyeJack AR教材，將抽象的「水平鑽井」與「水力壓裂」具象化，提升學生的科技素養，解決傳統口述教學難以傳遞知識的瓶頸。

四、教師專業增能：教學學術化（SoTL）的循環

計畫執行不僅惠及學生，教師端

的專業成長亦是重要成果。透過「地質教中學」計畫與跨校、跨領域教師（如：洪奕星教授、羅偉教授、王士偉主任、鍾令和博士等）組成教學社群。透過「共備、觀課、議課」的循環，筆者能觀摩資深前輩的陳述邏輯與教學技巧，彌補自身在碳酸鹽岩與地層學知識上的不足，達成教師增能（圖三）。教師亦從「權威者」轉向「共學者」，從中體認到教學應是「與學生共同前行」的歷程，這種心境的轉變是計畫執行四年來最無價的資產。



◀參與台電青年
體驗之參訪。
(作者提供)

反思及建議：從地質實證邁向教育共學的典範轉型

回首執行教育部教學實踐研究計畫的四年歷程，不僅是一場教學方法的實驗，更是一次深刻的自我專業重塑與教育哲學的覺醒，透過連續計畫執行，得以將地質學中「觀察、假設、驗證」的科學精神，遷移至教學現場。以下是針對個人轉變與SoTL永續經營之反思。

一、教學實踐對教師的深層影響：從「知識權威」到「共學者」的轉移

教師習於站在知識的高點，以專家邏輯鋪陳知識，極盡所能地希望給學生全部的知識，然而，並非傾全力灌溉、施肥，花朵就會綻放得最美，體悟到：「老師在台上領受的風景，不代表學生也能同步看見」，這幾年來，自己最大的改變是學會「放下」與「與學生同行」，教師不再是單向的帶領者，而是學習共同體的一員，學著不再執著於「教完」，轉向追求「少而精」的引導，與學生彼此學習、相互啟發的過程賦予了教學全新的生命力，這種從「教學者」轉向「學習設計師」的心境轉變，是計畫執行四年來最無價的收穫。

二、教學實踐研究（SoTL）在臺灣的永續經營：跨域連結與科技共生

教學實踐研究計畫，不應僅停留在計畫經費核撥，而需深植於「學術化」與「產學化」的深度整合。隨著AI興起，未來的教育模式面臨前所未有的挑戰，SoTL須主動擁抱這些工具，將其視為強化學生批判性思維與問題解決能力的輔具，未來的教學研究需探討如何引導學生在數位時代中運用知識技能解決「尚未出現的問題」。此外，地質學和人類生活環境息息相關，SoTL的永續應與真實產業界（如：中油、台電、環保署等）緊密掛鉤，透過「職涯導向」的教學設計，縮短學用落差，讓學生在解決現實問題的過程中建立專業認同。

三、給予不同階段教師的實踐建議

1. 給多次獲獎或績優教師的建議：成為「跨域轉譯者」與「提燈人」，擴大影響力。每一次執行計畫所面對的學生都是全新的，過去的成功模式不一定對現在的學生管用，然而每一次執行計畫的經驗都會成為養分，持續深掘學生的學習困擾和障礙，過程就像是打怪一般，過關斬將、



▲花蓮石梯坪野外地質考察。(作者提供)

逐步修正，建議採螺旋式上升視角來規劃和執行計畫，唯有連續數年的滾動修正，才能真正觸及學生認知結構的深層改變，也讓自己與學生都在教學過程中共同成長。績優教師在撰寫計畫上理應比較沒有問題，然而，獲獎的顛峰體驗，期望自己做得更好反而因此造成莫大的壓力，試著將自己歸零，建議推動跨學科的協同教學，例如，我教地質，但我研究的「概念圖修正迷思」策略，是否能應用於歷史系的史觀建立，或物理系的力學分析？績優教師應致力於提煉出跨領域通用的教學原理，讓自己的教學能量在不同學科間交流、共享。

2. 給尚未申請或新進教師的建議：專業知識如何被有效地傳遞給下一代，本身就是一個值得探究的科學問題，建議教師們「從課堂的小痛點出發」，不需要一開始就宏大，只要對症下藥透過數據蒐集（如：學習歷程分析）來導正教學方針，透過數據或質性資料真實記錄一個教學困境的解決過程，這就是 SoTL 的精神所在。教師是「生命影響生命」的歷程，只要願意邁出改變的一步，學生的反饋將成為照亮教學路途的光。

3. 政策層面建議：各大學應進一步落實「教學升等」與「研究升等」的對等性，並建立跨校、跨學科的 SoTL 社群，讓教學經驗能像地層層序一樣，透過持續累積，產生更大的價值。

結語

地質學告訴我們「現在是通往過去的鑰匙」，微小的地殼運動經過時間積累，能造就巍峨山脈，教學實踐研究亦如是，透過教師在課堂中的微調、實證、反思，重構知識網路，進化教學方式，更在彼此生命中種下了熱愛大自然的種子，透過多年來執行教學實踐研究，我們也正共同推動臺灣高等教育的範式轉移。🌱

◎致謝：感謝教育部教學實踐研究計畫、國立臺灣海洋大學教學中心的支持、產業界專家共同投入與參與學生的寶貴回饋。

◎參考文獻

Ausubel, D. P. (1968). Facilitating meaningful verbal learning in the classroom. *The Arithmetic Teacher*, 15(2), 126-132.

Brookhart, S. M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. ASCD.

Dale, E. (1946). *Audio-visual methods in teaching*. The Dryden Press.

Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.

Lewis, C. C., & Hurd, J. (2011). *Lesson study step by step: How teacher learning communities improve instruction*. Heinemann.

Novak, J. D. (2010). Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 6(3), 21-30.

Super, D. E. (1957). *The psychology of careers: An introduction to vocational development*. Harper & Row.

Stevens, D. D. (2023). *Introduction to rubrics: An assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning*. Routledge.