

國立臺灣師範大學理學院科學教育研究所

碩士論文

Graduate Institute of Science Education

College of Science

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

探討高中生於探究導向的社會性科學議題教學取向（SSIBL）之探究能力與態度表現—以水資源議題為例

源議題為例

Research of high school students' inquiry ability base and attitude on their performance in dealing with the issue of water resource issues under Socio-Scientific Inquiry-Based Learning (SSIBL) framework

研究生：蕭嫚

Hsiao, Man

指導教授：許瑛珺 博士

Advisor: Hsu, Ying-Shao, Ph.D.

中華民國 114 年 7 月

July 2025

摘要

本研究旨在探討以探究導向的社會性科學議題學習 (Socio-Scientific Inquiry-Based Learning, SSIBL) 為核心設計的水資源議題教學模組，對高中生在科學探究能力與對水資源態度之影響。SSIBL 模式融合真實社會情境、基於探究的學習活動 (Inquiry-Based Science Education, IBSE)，旨在引導學生建立具社會參與意涵之行動主張，以促進批判思維與公民素養的潛力。本研究教學模組以水資源議題為主軸，設計多樣化活動，涵蓋資料分析、論證推理、角色扮演與行動規劃，期望激發學生對科學性社會議題的關注與理解。

本研究採單組前後測設計，對象為北部某市立高中參與寒假科學營之選修學生共 24 位。研究設計包含教學模組實施前後的探究能力測驗與對水資源的態度量表，並分析學生在教學模組中的學習單作答內容。資料經敘述性統計與推論統計分析，釐清學生在探究中的三項子能力（發現問題、規劃與研究、論證）與對水資源態度的改變情形，並比較不同先備背景學生的學習表現差異。

重要研究結果如下：（一）教學模組對學生的整體探究能力有顯著提升，尤其以「論證」子能力的進步最為突出。然而，「發現問題」與「規劃與研究」兩項子能力的進步幅度則相對有限。（二）學生的整體水資源態度在教學模組後有所提升，特別是「對水資源的關懷、了解與責任」以及「對水資源利用的態度」兩個構面呈現顯著提升。但「對水資源保育的態度」則未達統計顯著水準。（三）先備探究能力較低的學生，於接受教學模組後展現出更大幅度的進步。在「發現問題」子能力及整體探究能力的進步幅度上，低分組學生顯著優於高分組。（四）學生的先備水資源態度高低，與其探究能力的進步幅度之間並無統計上的顯著關聯。此結果初步暗示，影響學生探究能力成長的關鍵可能更在於教學模組本身的設計和學習歷程的參與度。

本研究結果將有助於理解 SSIBL 模式於高中課程中實施之可行性與挑戰，並對未來科學教育實務與科學性社會議題教學模組設計提供實證依據與建議。

關鍵字：探究能力、態度、社會性科學議題、探究導向的社會性科學議題學習

Abstract

This study aims to investigate the impact of a water resource curriculum designed based on the Socio-Scientific Issues-Based Learning (SSIBL) framework on high school students' scientific inquiry competence and attitudes toward water resource issues. The SSIBL model integrates authentic societal contexts and Inquiry-Based Science Education (IBSE), guiding students to formulate action-oriented claims with significance for social participation, thus fostering critical thinking and civic literacy. Centered on water resource issues, the curriculum incorporates diverse activities, including data analysis, argumentation and reasoning, role-playing, and action planning, with the goal to stimulate students' interest in and understanding of scientific and societal issues.

A single-group pretest-posttest design was adopted, involving 24 students from an elective course at a municipal high school in northern Taiwan who participated in a winter science camp. The research design included pre- and post-tests on inquiry competence and a water resource attitude scale, with further analysis of students' responses on learning sheets within the curriculum. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics to examine changes in students' three sub-competencies of inquiry ("identifying problems," "planning and conducting research," and "argumentation and modeling") and their attitudes toward water resources.

Key findings are as follows: (1) The teaching module significantly improved students' overall scientific inquiry competence, with the most prominent progress observed in "argumentation and modeling". However, changes in "identifying problems" and "planning and conducting research" sub-competencies were limited and not statistically significant. (2) Students' overall attitudes toward water resources showed significant improvement post-intervention, particularly in the dimensions of "concern, understanding, and responsibility for water resources" and "attitude toward water resource utilization". Nevertheless, the "attitude toward water resource conservation" dimension did not show a statistically significant change. (3) Students with lower prior inquiry competence demonstrated more substantial progress after participating in the teaching module. Specifically, the low-scoring group showed significantly greater improvement in "identifying problems" and overall inquiry competence compared to the high-scoring group. (4) No statistically significant correlation was found between students' initial attitudes toward water resources and the

degree of improvement in their inquiry competence. This finding preliminarily suggests that the design of the teaching module itself and the students' engagement in the learning process may play a more critical role in fostering inquiry competence growth than their pre-existing environmental attitudes.

The results are expected to provide insights into the feasibility and challenges of implementing the SSIBL model in high school curricula and to offer empirical evidence and practical recommendations for future science education practices and curriculum design.

Keywords:

Inquiry ability, Attitude, Socio-Scientific Issues, Socio-Scientific Inquiry-Based Learning



目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與背景.....	1
第二節 研究目的.....	4
第三節 研究問題.....	4
第四節 研究範圍與限制.....	5
第五節 名詞釋義.....	6
第二章 文獻探討.....	7
第一節 SSIBL 教學模式之理論基礎.....	7
第二節 探究能力的內涵與評量.....	10
第三節 學生對水資源議題的態度.....	13
第四節 臺灣的水資源教育.....	15
第三章 研究方法.....	18
第一節 研究設計.....	18
第一節 研究對象與研究場域.....	19
第二節 教學設計與教學模組內容.....	20
第二節 研究工具.....	33
第二節 資料蒐集與實施流程.....	42
第三節 資料分析方法.....	42
第四節 研究流程.....	50
第四章 研究結果.....	52
第一節 教學模組對學生學習探究能力的影響.....	52
第二節 教學模組對學生對水資源態度的影響.....	53
第三節 不同先備探究能力學生的表現差異.....	54

第四節 不同先備態度的學生的表現差異.....	59
第五章 討論與建議.....	62
第一節 研究發現.....	62
第二節 綜合討論.....	64
第三節 檢討與建議.....	67
參考文獻.....	70
附錄.....	75



表目錄

表 2-1 本研究科學探究能力分項與其定義	11
表 2-2 臺灣過去與水資源相關之研究與態度構面	13
表 2-3 臺灣過去的水資源教育相關研究	15
表 3-1 SSIBL 水資源數位教學模組內容	24
表 3-2 2.2 小節之題目內容	27
表 3-3 探究能力測驗部分試題	33
表 3-4 驗證性因素分析各題項標準化因子負載量	35
表 3-5 CFA 模型整體配適度指標	35
表 3-6 水資源態度問卷前導研究之內部一致性信度分析結果	36
表 3-7 水資源態度問卷	36
表 3-8 教學模組學習單內容	37
表 3-9 研究資料分析表	44
表 3-10 各探究子能力之表現等級	45
表 3-11 探究能力測驗題目之評分規準	46
表 3-12 探究能力測驗各題的 Kappa 係數	49
表 3-13 研究流程表	50
表 4-1 水資源態度問卷前後測成對樣本 t 檢定結果	53
表 4-2 探究能力測驗高分組與低分組學生人數與平均前測分數	54
表 4-3 教學模組中發現問題部分之作答結果	54
表 4-4 學生在教學模組中「發現問題」部分的評分說明與作答示例	55
表 4-5 探究能力測驗高分組與低分組學生在「發現問題」得分之非參 數 Mann-Whitney U 檢定結果	55
表 4-6 學生在教學模組中「規劃與研究」部分的評分說明與作答示例	56
表 4-7 探究能力測驗高分組與低分組學生在「規劃與研究」得分之 Mann-Whitney U 檢定結果	57
表 4-8 教學模組論證中部分之作答結果	57
表 4-9 學生在教學模組中「論證」部分的分類與評分規準	57

表 4-10 探究能力測驗高分組與低分組學生在「論證」得分之 Mann-Whitney U 檢定結果.....	58
表 4-11 先備探究能力高分組與低分組學生於教學模組後各子能力及整體探究能力的進步量.....	59
表 4-12 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在「發現問題」中表現的 Mann-Whitney U 檢定結果.....	59
表 4-13 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在「規劃與研究」中表現的 Mann-Whitney U 檢定結果.....	60
表 4-14 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在「論證」中表現的 Mann-Whitney U 檢定結果.....	60
表 4-15 態度高、低分組學生在各子能力與整體探究能力進步分數的 Mann-Whitney U 檢定結果.....	61



圖目錄

圖 3-1 研究架構圖	19
圖 3-2 SSIBL 教學架構	20
圖 3-3 課程架構圖 (註：圖中數字代表於 CWISE 網頁的步驟編號。)	23
圖 3-4 教學模組 2.1 小節之內容	26
圖 3-5 教學模組 2.1 小節之學生作答畫面	26
圖 3-6 教學模組 2.3 小節之內容	27
圖 3-7 教學模組 2.3 小節之學生作答畫面	28
圖 3-8 教學模組 2.4 小節之學生作答畫面	28
圖 3-9 教學模組 3.1 小節之教師教學內容投影片	29
圖 3-10 教學模組 3.1 小節之學生作答內容	29
圖 3-11 教學模組 3.1 小節之內容	29
圖 3-12 教學模組 3.3 小節之學生作答內容	30
圖 3-13 教學模組 3.5 小節之學生作答內容	31
圖 3-14 教學模組 4.1 小節之學生作答內容	32
圖 4-1 探究能力測驗前、後測之三項子能力與整體探究能力比較圖	.53

第一章 緒論

第一節 研究動機與背景

隨著氣候變遷加劇、水資源分配不均與環境破壞等全球性議題日益嚴重，水資源問題已成為當代社會中重要且具爭議性的永續議題之一。在臺灣，雖然年平均降雨量高於全球平均，但因地形陡峭、降雨時空分布不均等因素，導致水資源難以有效被儲存利用，使得缺水風險成為常態性的挑戰（楊偉甫，2010）。因此，如何促使年輕世代具備對水資源議題的關注與行動，是實現永續發展教育（Education for Sustainable Development, ESD）的重要一環。

對於生活於都市與校園環境中的高中生而言，水資源議題在日常生活中雖然常見，卻也容易被視為理所當然或與自身無關，導致其缺乏足夠的問題意識與主動探究的動機。過往研究指出，臺灣學生對於環境議題普遍存在「知行不一」的現象，儘管有一些科學知識，但學生可能無法將其轉化為積極的實際態度或具體行動（Liang et al., 2018）。另一方面，現行的高中自然科課程雖有涵蓋水循環、水污染與水資源利用等內容，但多以知識傳遞為主，較少引導學生思考背後的社會面向與價值衝突，或培養其進一步探究與論述的能力。

因此，本研究認為有必要引入更具結構與價值導向的教學模式，以培養學生整合知識、思辨議題並做出行動選擇的能力。其中，SSIBL（Socio-Scientific Inquiry-Based Learning，社會性科學議題導向探究學習）是一項融合「探究式學習」、「價值澄清」與「公民行動」三者核心精神的教學策略，強調學生透過科學探究的過程，理解社會性科學議題的多面向本質，進而發展具批判性、參與性與責任感的公民素養（Levinson，2018）。相較於傳統以知識為中心的教學模式，SSIBL 不僅強調科學理解，更著重學生能否在真實世界中運用所學回應社會挑戰，符合當代科學教育強調跨域素養與永續能力的趨勢。

目前在國際上已有多項研究探討 SSIBL 的教學成效。例如，Rauch 與 Radmann (2020) 的研究指出，學習 SSIBL 可以促進學生對社會問題的理解和參與。Amos 與 Christodoulou (2018) 則指出 SSIBL 能夠促進真實的問題和道德考量，提高學生對科學和技術相關的社會問題的理解和意識。在臺灣，雖有部分研究將 SSIBL 應用於課室實踐，然而，針對高中生、特別是以「水資源」為核心議題的 SSIBL 研究則相對缺乏，顯示此議題尚有可深入探索的空間。

此外，本研究特別關注兩個變項：學生的「科學探究能力」與「對水資源態度」。選擇這兩個變項有理論與實務上的意義。首先，科學探究能力作為核心科學素養之一，不僅是新課綱中所強調的學習重點，也正是 SSIBL 教學歷程中不可或缺的元素 (Levinson, 2018)。學生是否能夠從問題出發，提出假設、蒐集資料、進行推論並形成結論，是評估其學習成效的重要指標。而在面對如水資源這類社會性議題時，僅有知識與技能仍屬不足，學生的態度更是影響是否願意實踐公民行動的關鍵。因此，「對水資源態度」作為另一核心變項，能夠幫助我們理解學生是否從課程中建立起對水資源的關注，進而評估 SSIBL 在公民素養培養上的潛力。

儘管現行課程中已有多種創新教學模式可應用於議題導向教學，如問題導向學習 (Problem-Based Learning, PBL)、設計導向學習 (Design-Based Learning, DBL) 或翻轉教學 (Flipped Classroom) 等，但 SSIBL 在本研究中之所以被選用，是因為 PBL 與 DBL 雖皆強調學生主動學習，但前者偏重於問題解決過程的邏輯性與效率性，後者則以產品或解決方案為最終目標，較少明確處理價值衝突與多元觀點的社會議題。而 SSIBL 特別適合處理具社會爭議性的主題，例如水資源分配、用水公平與政策選擇等問題 (張文馨、吳建源、許瑛珺, 2025)。本研究旨在透過探究學習提升學生對議題多面向的理解、提出論述的能力和建立公民素養，故 SSIBL 是最適合本研究的教學模式。

現行的高中自然科課程雖有涵蓋水循環、水污染與水資源利用等內容，但多以知識傳遞為主，研究者認為我們有必要持續關注他們對水資源議題的態度，原因有三：其一，高中階段正是價值觀形成的關鍵期，透過 SSIBL 架構的學習可提升學生的社會參與意識與責任感；其二，高中學生即將進入大學或職場，未來可能成為

政策影響者與社會行動者，對公共議題的理解與回應能力至關重要；其三，水資源議題結合了自然、科技與社會面向，能促進學生在跨域整合與批判思考上的能力，符合課程綱要的核心素養目標。

綜合上述，本研究擬將 SSIBL 教學模式導入高中科學課程中，以水資源作為主題，探討其對學生「科學探究能力」與「對水資源態度」的影響。期望本研究能補足國內高中階段 SSIBL 實踐之研究缺口，並為未來設計 SSIBL 課程提供實證基礎與理論參考。



第二節 研究目的

本研究以 SSIBL 模型為理論基礎，設計一套以水資源議題為主題的教學模組，在高中課室實施，並探討該教學模組對學生在以下方面之影響：

一、教學模組對學生學習探究能力的影響

(一) 學生在前、後測的整體與各項探究子能力的改變情形。

二、教學模組對學生對水資源態度的影響

(一) 學生在教學模組前、後對水資源的態度改變情形。

三、不同先備探究能力學生接受教學模組後的探究能力表現差異

(一) 高、低先備探究能力的學生在教學模組中的探究能力表現差異情形。

(二) 高、低先備探究能力的學生在教學模組後，探究能力進步分數差異情形。

四、不同先備態度的學生接受教學模組後的探究能力表現差異

(一) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組中的表現差異情形。

(二) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組後，探究能力進步分數差異情形。

第三節 研究問題

依據上述研究目的，本研究欲解答之研究問題如下：

一、教學模組對學生學習探究能力的影響為何？

(一) 學生在前、後測的整體與各項探究子能力是否有差異？

二、教學模組對學生對水資源態度的影響為何？

(一) 學生在教學模組前、後對水資源的態度改變是否有差異？

三、不同先備探究能力學生接受教學模組後的探究能力表現差異為何？

(一) 高、低先備探究能力的學生在教學模組中的探究能力表現是否有差異？

(二) 高、低先備探究能力的學生在教學模組後，探究能力進步分數是否有差異？

四、不同先備態度的學生接受教學模組後的探究能力表現差異為何？

(一) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組中的探究能力表現是否有差異？

(二) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組後，探究能力進步是否

有差異？

第四節 研究範圍與限制

本研究之教學活動於北部某市立高中之寒假科學營中實施，教學時間為一日密集型進行，參與寒假科學營的學生共 24 位，皆為自願報名參與之高中一年級學生，並於當日完成前後測資料蒐集。研究雖可初步檢視教學成效，但亦受限於樣本數量、教學時間與場域特性，仍需於未來研究中進行不同學校或長期實施之比較與補強。

此外，探究能力與態度改變屬於複雜且動態之學習歷程，本研究預計收集之資料僅能就施測當下的表現進行分析，無法用於詮釋或探討此動態發展歷程。此外，研究未有對照組，無法確定釐清的變化是否真的來自於教學介入抑或學生隨著年齡成熟而自然成長。且本研究所採用之探究能力評量工具，雖參考相關文獻進行設計，但探究能力本身具有一定之複雜性，可能無法完全以紙筆測驗方式加以呈現與評估。因此，本研究在評量學生探究能力的表現時，仍可能存在侷限。

第五節 名詞釋義

為利釐清研究中使用之重要概念，說明如下：

一、SSIBL (Socio-Scientific Inquiry-Based Learning)：指一種以社會性科學議題為主題，結合探究學習、公民教育與行動實踐之教學模式，強調學生從議題中發展問題意識、進行探究與思辨，最終轉化為具建設性之公民行動。

二、對水資源態度：本研究配合 SSIBL 水資源議題教學模組內容，從中挑選出適合的構面，最後參考巫淑梅 (2004)；莊英慧等人 (2007)；黃月美 (2012a)，將學生對於水資源的態度分為三個「對水資源的關懷、了解與責任」、「對水資源利用的態度」、「對水資源保育的態度」三個構面，並透過問卷量表的施測進行量化評量，針對各構面的定義如下：

(一) 對水資源的關懷、了解與責任：對於水資源的關心、關懷程度，以及盡份內義務與職責的責任感強弱。

(二) 對水資源利用的態度：節約用水的態度、水資源回收再利用的態度。

(三) 對水資源保育的態度：水資源的經營管理、水資源永續發展的態度。

三、探究能力：本研究參考吳建源 (2023) 對探究能力之分類，並結合本研究中所設計之水資源 SSIBL 教學活動，將探究能力劃分為「發現問題」、「規劃與研究」、「論證」三項子能力，並定義如下：

(一) 發現問題：能基於情境素材 (例如：乾旱新聞片段、限水案例描述) 正確蒐集並整理資訊，並提出與情境最相關的待解決問題。

(二) 規劃與研究：能判斷研究問題中的關鍵變因，並規劃必要之實驗或測試步驟，依據課堂提供之材料與時間，擬定清晰且可操作的實驗方案。

(三) 論證：能運用探究過程中蒐集之數據及科學原理，對探究結果進行詮釋，藉以推導合理結論。

第二章 文獻探討

第一節 SSIBL 教學模式之理論基礎

隨著全球教育趨勢的演變，科學教育的目標已不再侷限於科學知識的傳授，而是強調學生具備面對真實世界挑戰所需的綜合能力，特別是在當代社會中不斷湧現的科技與倫理問題情境中進行探究與判斷。SSIBL (Socio-Scientific Inquiry-Based Learning) 即是在此背景下發展出的一種教學模式，強調學生能在真實、有爭議的社會性科學議題中建構知識、進行探究並參與價值討論與公民行動。其理念來自對科學素養的廣義理解，將學科知識、探究能力與公民責任結合為一 (Levinson, 2018; Sadler et al., 2007)。

SSIBL 模式最初由歐洲聯盟 (European Union, EU) 於 2014 年的「促進科學教育中負責任的研究與創新的實現 (Promoting Attainment of Responsible Research & Innovation in Science Education, 簡稱 PARRISE)」計畫中提出 (Amos & Levinson, 2019)。該計畫旨在推動 RRI (Responsible Research and Innovation, 負責任研究與創新) 於科學教育中的實踐，並據此發展出 SSIBL 教學框架。此框架不僅延續了社會性科學議題 (Socio-Scientific Issues, SSI) 作為課程核心理念，更進一步整合了基於探究的教學模式與民主公民素養的養成，讓學生在學習科學知識的同時，能夠意識到其知識與行動對社會與環境的影響。

SSIBL 教學設計可分為三個核心步驟，分別為 提問 (Ask)、探究 (Find out) 與 行動 (Act) (Amos & Levinson, 2019)。在 Ask 階段，教師設計具真實性與社會性、學生有感問題情境，引導學生提出科學與社會交織的問題。這些問題多半具有開放性、價值爭議性與跨領域性，有助於激發學生的探究動機並產生與自身經驗的連結。Find out 階段則聚焦於學生進行資料蒐集、科學探究與證據評估，發展批判性思考與論證能力。在這個階段中，學生可能會進行實驗、閱讀資料、討論觀點，逐步形塑對議題的理解。最後的 Act 階段強調學生提出解決方案或參與社會行動，可能的形式包括寫出政策建議、發表倡議海報、參與公共討論等，使學習

不僅停留在知識層面，更能延伸至行動與反思。

這三個步驟不只是教學活動的設計流程，更反映了 SSIBL 所強調的四項核心理念：（1）SSI 提供學生具有真實性、爭議性與情境性的學習素材；（2）IBSE（Inquiry-Based Science Education）強調在科學探究過程中建構知識與能力；（3）CE（Citizenship Education）注重民主素養與社會責任的發展；（4）RRI（Responsible Research and Innovation）則關注科學與科技對社會未來的影響，培養學生對倫理與永續的省思能力（Amos & Levinson, 2019；Zeidler & Sadler, 2023）。透過這樣的整合，SSIBL 鼓勵學生不僅是知識的學習者，更是問題的探究者、觀點的評論者與行動的實踐者，最終朝向具有責任感與批判性思維的未來公民發展。

Rundgren et al. (2016) 指出，SSIBL 可視為一種實現「永續發展教育(ESD)」與「培育未來公民」的重要教學策略。此教學取向打破傳統科學教學中知識與社會脈絡的切割，讓學生得以在真實的社會問題中練習科學思維與價值判斷。SSIBL 所強調的「從個人經驗出發」也符合建構主義學習理論，有助於學生發展與生活情境連結的動機與責任感。

在歐洲地區，SSIBL 已被實際導入多個國家教育系統，例如英格蘭、荷蘭、瑞典等地，並整合進課程標準之中，作為促進學生參與學習與責任公民意識的教學工具（Amos et al., 2020）。相關的實證研究多以教學實驗或行動研究的形式進行，並聚焦於學生在 SSIBL 課程中的學習成果。例如在 Amos & Levinson (2019) 的研究中，學生透過對氣候變遷等議題的探究與討論，不僅提升了其科學理解，也展現出更高層次的道德判斷與社會參與傾向。Sadler et al. (2007) 則指出，學生在參與社會性議題探究的過程中，會進一步發展其論證能力與解釋觀點的能力，這對於培養學生的批判性思考與科學溝通能力皆有正面影響。另有研究聚焦在教師 SSI 教學專業能力的發展，例如 Zhang 與 Hsu (2025) 的研究，利用 SSIBL 架構來協助教師發展，並理解如何設計及應用 SSIBL 課程於教學實務上，同時利用 ENA 分析技術釐清在職教師在參與教學實務社群過程中的 SSI 教學專業能力發展。近期則有學者結合新興人工智慧技術來自動診斷學生在 SSIBL 課程中的探究能力 (Zhang, Lin & Hsu, 2024)。

在臺灣，近年來隨著十二年國教課綱推動跨領域、探究導向與素養導向教學，亦有研究採用 SSIBL 或其核心理念進行教學設計，有一些學者(吳貞儀等人, 2017; Fang et al., 2019) 採用社會性科學議題作為促進學生科學能力與素養的教學取向，此與全球趨勢一致，期待透過社會性科學議題和結合探究式學習提升學生的科學素養 (Hsu et al., 2015)。在過去研究中，常見的測量變項包括論證論能力、創造思考、批判性思考、探究技能、後設認知 (Antonio & Prudente, 2023)，顯示 SSIBL 教學對於學生在認知與態度層面的發展皆具潛在效果。

綜上所述，SSIBL 作為一種兼顧學科知識、探究能力與價值思辨的教學模式，提供了一種有效的教學架構，有助於實踐跨領域與素養導向的教育目標。其三階段架構與四大核心理念，不僅可作為教學設計的依據，也能協助教師引導學生從真實問題中學習，進而形塑未來公民的責任意識與行動能力。在本研究中亦參考 SSIBL 的設計精神與架構，發展以水資源議題為主題的教學模組，期待透過引導學生進行問題探究、資料分析與社會行動思考，提升其探究能力與對水資源相關態度，並觀察其在課程前後的轉變情形。

第二節 探究能力的內涵與評量

培養科學探究能力是當代科學教育改革的主要目標，被視為學生發展科學素養的關鍵指標之一。其重要性不僅在於增進學生對自然世界的概念理解，更在於培養其批判性思維、問題解決及實證推理的綜合能力。美國國家研究委員會（National Research Council, 2012）在其《K-12 科學教育框架》中，將傳統的「探究」概念具體化為八項「科學與工程實踐（Scientific and Engineering Practices）」，包括：（1）提出問題與界定問題、（2）發展與使用模型、（3）計畫與執行研究、（4）分析與詮釋數據、（5）運用數學與計算思維、（6）建構解釋與設計解方、（7）根據證據進行論證，以及（8）獲取、評估與交流資訊。此框架跳脫了過去線性的「科學方法」迷思，更精確地描繪了科學家實際從事知識建構時的動態、迭代過程。

根據 Abd-El-Khalick et al. (2004) 的分類，探究能力可區分為「實作層次探究」(hands-on) 與「思維層次探究」(minds-on)。前者強調學生親身參與操作與觀察，後者則關注學生在設計與詮釋實驗過程中的推理與反思能力。「科學探究」是一個以問題為導向，沒有固定方法，並結合創意、批判性思考、現有科學知識與證據來發展新知的複雜過程 (Lederman et al., 2014)。

鑒於單次性的探究活動難以有效培養穩定的探究能力，Krajcik 等人 (2006) 主張，探究能力的發展需植基於長期且具連貫性的「專題本位學習 (project-based learning)」，讓學生在解決真實、複雜問題的過程中，反覆實踐探究的各個面向。此觀點呼應了「學習進程 (learning progressions)」的概念，亦即應針對探究能力的核心要素，設計跨年級、螺旋式上升的課程序列，引導學生從初階的觀察、描述，逐步發展至高階的模型建構與論證能力 (Schwarz et al., 2009)。

在具體的教學策略上，可採用前述的 SSIBL 模式或是問題導向學習模式 (Problem-Based Learning, PBL) 或是設計為本學習 (Design-Based Learning)，這些模式的共通點在於，它們都始於一個真實且具挑戰性的「驅動問題 (driving question)」，這個問題足以激發學生的內在動機，並要求他們必須整合、運用多種探究歷程，方能提出合理的解釋或解決方案 (Singer, Marx, & Krajcik, 2000)。

本研究所採用之探究能力分項與定義，係參考 NRC (2000)、教育部 (2018) 課程綱要，可將探究能力的核心歷程概括為「提出問題」、「設計與執行研究」以

及「詮釋與表達結果」，因課程進行時間有限，為提升評量工具的可行性，避免過多能力指標造成題項過度繁雜與學生作答負擔，遂參考林小慧與吳心楷（2019）對探究能力的定義，並引用吳建源（2023）所整理之探究能力定義，將其簡化為三項子能力：「發現問題」、「規劃與研究」以及「論證」。此三項子能力涵蓋了從提出問題、設計與執行研究到詮釋與表達結果的探究歷程，作為本研究探究能力評量工具設計與後續分析之依據，各探究子能力的定義請參閱表 2-1。

表 2-1 本研究科學探究能力分項與其定義

探究能力	探究能力定義
發現問題	能基於情境素材（例如：乾旱新聞片段、限水案例描述）正確蒐集並整理資訊，並提出與情境最相關的待解決問題。
規劃與研究	能判斷研究問題中的關鍵變因，並規劃必要之實驗或測試步驟，依據課堂提供之材料與時間，擬定清晰且可操作的實驗方案。
論證	能運用探究過程中蒐集之數據及科學原理，對探究結果進行詮釋，藉以推導合理結論。

綜合相關文獻（Chang & Mao, 1999; National Research Council, 2000），評量工具可大致歸納為以下幾類：

- （一）紙筆測驗：此類工具主要用於評量學生對「探究知識」的理解，例如辨識變項、詮釋圖表數據、或評估實驗設計的優劣。
- （二）表現評量（performance assessment）：此為評量探究能力最核心的方式，直接觀察學生「做」科學的過程與產出。常見的形式包括：
 1. 實作評量：要求學生現場操作儀器、設計並執行一個小型實驗。
 2. 檔案評量：系統性地收集學生的探究日誌、實驗報告、模型作品、研究海報等，以評估其在一段時間內的成長與表現。評量時常搭配明確的評分標準（rubrics），針對假設建立、證據品質、論證結構等不同面向進行評分。
- （三）情境式與嵌入式評量：此類評量將評量任務融入日常的教學活動中，強調其即時性與脈絡性。教師可透過結構化的觀察紀錄表、課堂提問、或分析學生的數位學習軌跡，進行形成性評量，即時給予回饋並調整教學。這種「嵌入

課程 (curriculum-embedded) 」的評量方式，能最真實地反映學生在解決實際問題時的探究能力表現 (Shavelson, Young, & Ayala, 2008)。

綜上所述，探究能力的培養與評量是一體兩面的歷程。教學者需建構一個支持性的學習環境，並運用多元、真實的評量工具，方能有效地引導學生從做中學，逐步內化科學探究的精神與能力。

本研究採用紙筆測驗作為探究能力評量工具，主要考量施測時間有限、場域設備資源不一，及需於短時間內完成大規模學生測驗等實務限制。紙筆測驗具備施測程序標準化、施測便利與資料回收快速等優點，能有效因應本研究所需的前後測比較與統計分析。



第三節 學生對水資源議題的態度

水資源是環境教育與永續發展教育中極具代表性的議題，其特性為高度在地化又具全球性，不僅涉及自然科學知識，更牽涉經濟、倫理、政策與文化等多重層面。聯合國教科文組織（UNESCO, 2017）指出，推動水資源教育應從提升公民的知識、態度與行動力三方面著手，特別強調學校教育在此過程中的關鍵角色。

學生對環境議題之態度包含三個面向：認知、情意與行動傾向（Hungerford & Volk, 1990）。Ajzen (1991) 提出之計畫行為理論 (Theory of Planned Behavior, TPB) 認為，個人對行為的態度、主觀規範與知覺行為控制會影響其行為意圖，進而預測實際行動。因此，環境教育不僅應教導知識，更應重視價值澄清與行動動機的建構。

許多研究指出，當學生參與情境真實、能引起共鳴的議題課程時，其對環境議題的態度與參與意願皆有顯著提升（Baierl et al., 2022；Gupta et al., 2024）。例如，在以水資源為核心議題的教學模組中，學生不僅學習到水循環與資源管理的科學概念，也透過辯論、角色扮演等方式理解政策與利益的多元觀點，進而發展出具社會責任感的行動意識。

環境態度 (environmental attitude) 是人類依據以往學習的經驗，或在自然境中的經歷與體驗，對環境中特定的人、事、物所產生的心理反應及表現，通常包括對環境的關心、行動的動機、信念等（李永展, 1995）。環境態度亦可表示為個人對環境的價值觀，以及對人類在環境中存在的責任和角色的看法，進而產生對於某些與環境有關的事物支持或反對、喜愛或厭惡的情感傾向（周少凱 & 許舒婷, 2010）。環境態度牽涉的層面相當廣泛，其內容也極為多元，包含對自然保育、生態永續、污染防治、資源使用等議題的立場與看法，而水資源保育教育是環境教育的一部分，因此水資源保育態度亦受環境態度的影響（李燕玲, 2017）。

針對水資源態度，過去的文獻中提出一些不同的構面，研究者將其整理於表 2-2 中：

表 2-2 臺灣過去與水資源相關之研究與態度構面

研究者	研究主題	態度構面
張淑娟 (2002)	國小學童「生活用水」知識、態度與使用現況之研究	生活用水的關心度、生活用水的口頭承諾

<p>莊英慧等人 (2007)</p>	<p>台北縣國小六年級學童水的知識理解.水資源保育態度與行為之相關研究</p>	<p>防治水污染的態度、關心水污染的態度、節約用水的態度、水資源回收再利用的態度、水資源的經營管理、水資源永續發展的態度</p>
<p>孫玲瑛 (2009)</p>	<p>都會區國小高年級學童節水行為影響因素之研究—以台中縣某國小為例</p>	<p>水污染的關心程度、臺灣水資源的了解、節約用水的行為傾向</p>
<p>賴俊佑 (2009)</p>	<p>國中生水資源環境的知識、保育態度及具體行動之現況調查-以南投縣某國中為例</p>	<p>水資源污染的態度、水資源利用的態度、水資源生態保育的態度</p>

本研究配合 SSIBL 水資源議題教學模組內容，從中挑選出適合的構面，最後參考巫淑梅（2004）；莊英慧等人（2007）；黃月美（2012a），將學生對於水資源的態度分為三個「對水資源的關懷、了解與責任」、「對水資源利用的態度」、「對水資源保育的態度」三個構面，並透過問卷量表的施測進行量化評量，針對各構面的定義如下：

- （一）對水資源的關懷、了解與責任：對於水資源的關心、關懷程度，以及盡份內義務與職責的責任感強弱。
- （二）對水資源利用的態度：節約用水的態度、水資源回收再利用的態度。
- （三）對水資源保育的態度：水資源的經營管理、水資源永續發展的態度。

第四節 臺灣的水資源教育

臺灣年平均降雨量 2483 公釐，但因人口密度高，平均每人每年可分配水量僅為世界平均值的 1/6，對每人所分配到的水量來說，臺灣是水資源極缺乏的地區。因此，我國十分重視水資源的開發利用，然而，政府除了妥善規劃與管理水資源外，更應當教育國民擁有愛護水資源與節約用水的環境素養，才是水資源永續經營的根本之道（汪靜明, 1996）。

水資源環境教育的哲學理念，建構在啟發人們關愛水資源、維護其生態環境，以保障永續水資源的生活、生產與生態價值。水資源環境教育的宗旨，即在於增進民眾以下的知能：（1）認識水資源特性與水資源環境；（2）瞭解水資源與人和自然的關係；（3）愛護水資源及維護水資源生態平衡；（4）合理使用與處理水資源問題等素養。而水資源環境教育具體的行為目標，在於引導人們：（1）「覺知」水資源的重要性；（2）建構水資源環境概念的「知識」與「技能」；（3）改變對水資源的「價值觀」與「態度」，培養愛護水資源的意願與責任心；（4）明智「評價」人類行為對於水資源環境的影響；（5）「參與」水資源環境保育行動（汪靜明, 2000）。

水資源教育在過去已有多項相關研究，研究者將其整理於表 2-3 中：

表 2-3 臺灣過去的水資源教育相關研究

研究者	研究對象	研究主題
趙彥凱 (2019)	大學生	初探科學桌上遊戲角色扮演對於學習成效的影響—以水資源調適議題為例
蔡雅美 (2013)	國小 高年級	多媒體教學對國小高年級生水資源議題學習成效之影響
施妙如 (2012)	國小 五年級	環保影片應用於國民小學環境教育之成效—以彰化縣新水國小五年級為例
何穗青 (2012)	國小 三年級	國小學生實施水資源環境教育之學習成效—以嘉義縣大林國小為例
王毓懋	國小	永續水資源教學對國小學童「水資源」認

整體而言，過去臺灣的水資源教育研究多聚焦於國小與國中階段，課程設計多以「環境保護」或「節水觀念」為核心，並著重於學童的情意面發展，如關心程度、節水意願、水汙染態度等。但多數教學活動仍屬於知識傳遞與觀念養成，較少引導學生在真實社會問題情境中進行探究、論證或實際參與，未充分連結學生的生活習慣與公民行動。事實上，水資源問題往往涉及自然條件（降雨量分布、水庫容量）、社會結構（農業用水分配、產業需求）與政策選擇（限水措施、休耕補助）等多重層面，具備高度複雜性與價值衝突，十分適合透過 SSIBL 的架構進行探究與討論。若僅從單一環保行為或知識理解切入，較難培養學生的系統思考與社會參與素養，也難呼應現今課綱強調的跨域素養導向。

因此，本研究將水資源教育主題延伸至高中階段，並導入 SSIBL 教學模式進行課程設計，期望突破傳統水資源教學的限制。高中階段學生已具備初步的批判思考與探究能力，能夠處理較高層次的資料分析、論證與價值判斷問題。因此，本研究不再僅停留於知識與態度層面的強化，而是引導學生在「提問－探究－行動」（Ask - Find out - Act）的歷程中，主動連結生活經驗與社會議題。

此外，儘管過去部分研究亦曾嘗試量化水資源相關態度，但多未清楚區分不同構面的情意向度，或未搭配課程設計進行教學介入。本研究在問卷構面設計上，參考巫淑梅（2004）、莊英慧等人（2007）與黃月美（2012a）之理論，將學生的水資源態度細分為三個具體構面：「對水資源的關懷、了解與責任」、「對水資源利用的態度」、「對水資源保育的態度」，並與課程內容對應，從而更具體地檢視教學介入對學生態度變化的影響。

綜上所述，儘管臺灣已有不少針對水資源教育的實證研究，但仍存在下列幾點不足之處：（1）研究對象以國小學童為主，高中階段研究較不足；（2）課程設計多著重於知識傳授與情意培養，缺乏真實情境中的探究與實踐經驗；（3）少有以社會性科學議題作為主軸的教學設計與系統性成效評估。因此，本研究將水資源問

題置於 SSIBL 的教學框架中，強調跨學科整合、科學探究與公民行動，並透過前後測工具檢視學生在態度與探究能力上的轉變，以提供水資源教育在高中階段的實踐依據與理論貢獻。



第三章 研究方法

第一節 研究設計

本研究旨在探討以 SSIBL (Socio-Scientific Inquiry-Based Learning) 為核心理念設計之教學模組，對高中生在科學探究能力、對議題態度之學習成效影響。為達成此一目的，本研究採用單組前後測設計進行教學活動規劃與成效評估，並透過執行教學模組前後測的方式分析學生學習前後之變化。

一、研究設計方法

本研究以單組前後測設計 (one group pretest-posttest design) 規劃研究，透過教學模組介入前後的施測資料比較，檢視學生於科學探究能力與對水資源議題的態度之改變，作為評估水資源議題教學模組的學習成效。研究發展的教學模組曾於中部某市立高中進行前導研究，並於獲得教學模組內容與實施策略的實務經驗後，根據學生回饋與現場觀察進行水資源議題教學模組及評量工具的改善。

二、研究架構說明

本研究以 SSIBL (Socio-Scientific Inquiry-Based Learning) 教學模式為理論基礎，融合社會性科學議題 (SSI)、基於探究的科學教育 (IBSE) 與公民參與行動 (Action) 的理念，設計以水資源為核心的教學模組，並探討學生在教學前後於探究能力與水資源態度上的變化 (參考圖 3-1)。

在研究設計上，本研究的主要自變項為「SSIBL 教學介入」，透過教學模組的施行，期望對學生的學習成效產生影響。依變項則包括：學生的探究能力 (整體與三個探究子能力)、學生對水資源的態度。

此外，本研究亦將學生於前測中的探究能力與水資源態度進行高低分組，作為分組變項，進一步分析不同能力及不同態度背景的學生在教學介入後的表現差異。整體而言，本研究欲檢視下列幾項變項關係：

- (一) SSIBL 教學介入是否能提升學生的探究能力與水資源態度 (教學前後比較)
- (二) 探究能力高低組學生在課程中的學習表現是否有顯著差異

(三) 水資源態度高低組學生在探究能力進步幅度上是否有差異

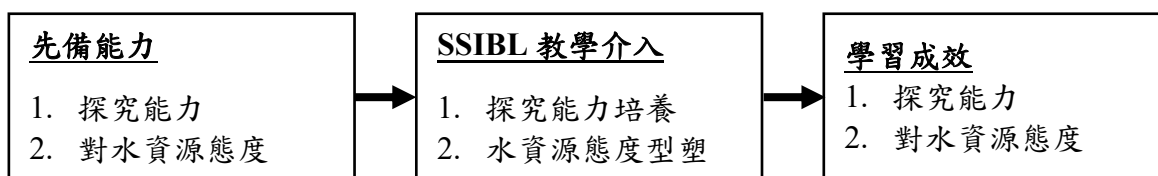


圖 3-1 研究架構圖

本研究於正式實施之前，有先於中部某市立高中進行前導研究，前導研究共包含兩次的課程實施，研究對象皆採用便利取樣，為中部市某市立高中的一年級學生，並於彈性學習時間的微課程時段進行課程，兩次授課的學生人數分別為 30 人及 28 人。關於前導研究對象的特色如下：

- (一) 該校學生的入學成績為會考「精熟」等級。
- (二) 該校的學生組成有九成以上為男性。
- (三) 微課程為按照學生志願排序進行分發，故本研究之研究對象對水資源議題的興趣應比高中一年級學生的平均高。
- (四) 研究對象皆未從教科書中學過與課程中所提到與水資源相關的知識。

在課程中雖有小組討論的環節，但學生在填答學習單時仍以個人為單位，並鼓勵學生撰寫自己的想法與答案。研究過程中因受學生請假及新冠疫情影響，最後在兩次教學過程中的有效樣本數分別為 24 份和 17 份。

本研究正式課程於北部某市立高中辦理之寒假一日科學營活動中實施，參與對象為該校選修科學營之高中一年級學生共 24 人，有效樣本數分別為 24 份，並於教學模組實施日完整參與教學活動與前後之施測程序。

第二節 教學設計與教學模組內容

本研究設計的水資源議題教學模組係依據 SSIBL (Socio-Scientific Inquiry-Based Learning, 社會性科學議題導向探究學習) 之教學理念進行規劃。SSIBL 模型強調透過真實社會議題引導學生進入學習情境, 並整合「社會性科學議題 (SSI)」、「基於探究的科學教育 (IBSE)」與「行動 (Action)」三大構念, 最終促成學生於科學理解、價值思辨與公民參與之全面發展。此一架構亦以「公民教育 (Citizenship Education, CE)」作為核心價值導向, 鼓勵學生透過教學模組活動培養責任意識、公共思維與行動能力 (Amos & Levinson, 2019; Levinson, 2018)。

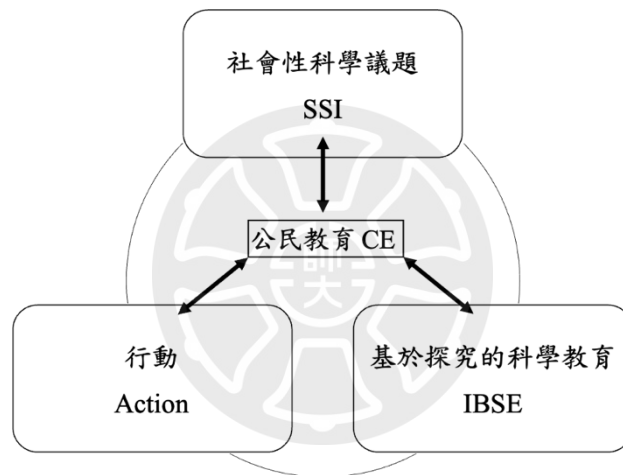


圖 3-2 SSIBL 教學架構

資料來源：改編自 Amos, R. I. J., & Levinson, R. (2019). Socio-scientific inquiry-based learning: An approach for engaging with the 2030 Sustainable Development Goals through school science. *International Journal of Development Education and Global Learning*, 11(1), 31, Figure 2. <https://doi.org/10.18546/IJDEGL.11.1.03>

一、教學模組設計理念

SSIBL 的課程設計原則包括通過社會性科學問題學習、融入公民教育和探究式科學教育, 鼓勵學生提出真實問題、收集證據並採取行動, 促進合作與反思, 並可將教學設計可分為三個核心步驟, 分別為 Ask、Find out 與 Act (Amos & Levinson, 2019)。在這個流程中, 學生會首先接觸到一個具爭議性且開放式的社會科學議題 (SSI)。教師可運用各種鷹架策略, 幫助學生理解情境背景與相關爭

議，並引導學生根據自身的理解，發展出一個與該情境相關、具有探究價值的問題（Ask）。這個研究問題也可由教師根據學生的認知發展階段適度提供協助或直接指定。隨後，學生將進行規劃並參與探究活動，進行資料的蒐集與分析（Find out）。最後，學生需與他人進行討論與交流，結合倫理、道德與永續等社會面向的考量，提出一套具體可行的行動策略來回應所探討的議題（Act）。本水資源議題教學模組以「社會性科學議題」作為學習起點，帶領學生思考水資源使用時涉及不同利益群體的爭議，如何透過探究歷程收集資料，以形成論點的證據依據和進行推理與論證，最後針對議題相關問題提出行動方案以解決問題。因此，在教學模組中，需設計引導學生進行科學探究，應用「基於探究的科學教育（IBSE）」之方法進行科學性分析與推論，並透過角色扮演來體會於不同情境之下的兩難，最後透過論述與分享方式來展現其行動構想。透過 SSI、IBSE 與 Action 三構念的整合，使學生得以在知識、態度與技能層面同時成長。

二、議題選取

冬末春初時節，臺灣中南部地區時常傳出因水資源短缺而需實施限水的消息。近年來受氣候變遷影響，此類限水情況發生頻率逐漸升高，成為社會大眾高度關注的議題。水資源短缺的問題不僅涉及科學層面的探究，例如降雨量減少、水庫蓄水機制與地理條件等自然因素，更牽涉到社會層面的討論，例如當水資源有限時，應優先限制哪些用途（工業、農業或民生）？限水政策是否符合比例原則與公平性？在現實情境中，限水措施往往會造成多方利害關係人的衝突。例如，若優先限縮農業用水，農民可能面臨作物減產、收入銳減的風險，甚至影響糧食供應穩定；而若優先限制工業用水，可能導致高科技產業如半導體生產線無法正常運作，衝擊國家經濟與出口產值；若限制民生用水，則影響民眾日常生活與基本權益，特別是在缺水嚴重地區更顯急迫。這些情境反映出在水資源有限的條件下，如何在經濟發展、糧食安全與民生保障之間取得平衡，形成了一種價值上的兩難與決策上的挑戰。因此，水資源議題具備「社會性科學議題」（Socio-Scientific Issue, SSI）的典型特徵，具有科學基礎、牽涉多元利害關係人，並需透過價值判斷與公共決策來尋求解方。

三、教學模組使用的平台

CWISE 為一可自行開發探究學習教學模組的網站（Hsu et al., 2015），教師可

於 CWISE 網站開設自己的教學模組，並設計各階段的文本內容，以及要讓學生操作的指令或題目。學生在操作過程中會同步紀錄作答結果，以供教師做批閱及後續分析。為方便記錄學生於教學模組中的探究歷程，並使學生可回溯過去提供的文本，故本研究將 SSIBL 水資源數位教學模組架設於 CWISE 上供教學使用。

五、SSIBL 水資源數位教學模組發展

SSIBL 教學設計可分為三個核心步驟，分別為 Ask、Find out 與 Act。本研究所設計之教學模組即依此流程進行：首先由教師提供社會性科學議題情境，引導學生發現問題，接續透過科學探究活動，進行資料蒐集與議題分析；最後由學生整合所學，表達其對議題的看法並於角色扮演階段體會工業、農業、民生、政府的不同立場，最後提出具體行動方案，以作為議題引發的兩難問題的可能解決方法。

SSIBL 教學模組共可分為「提問 Ask」、「探究 Find out」、「行動 Act」三個階段（參考圖 3-3），以下將依此順序介紹教學模組內容（參考表 3-1）。



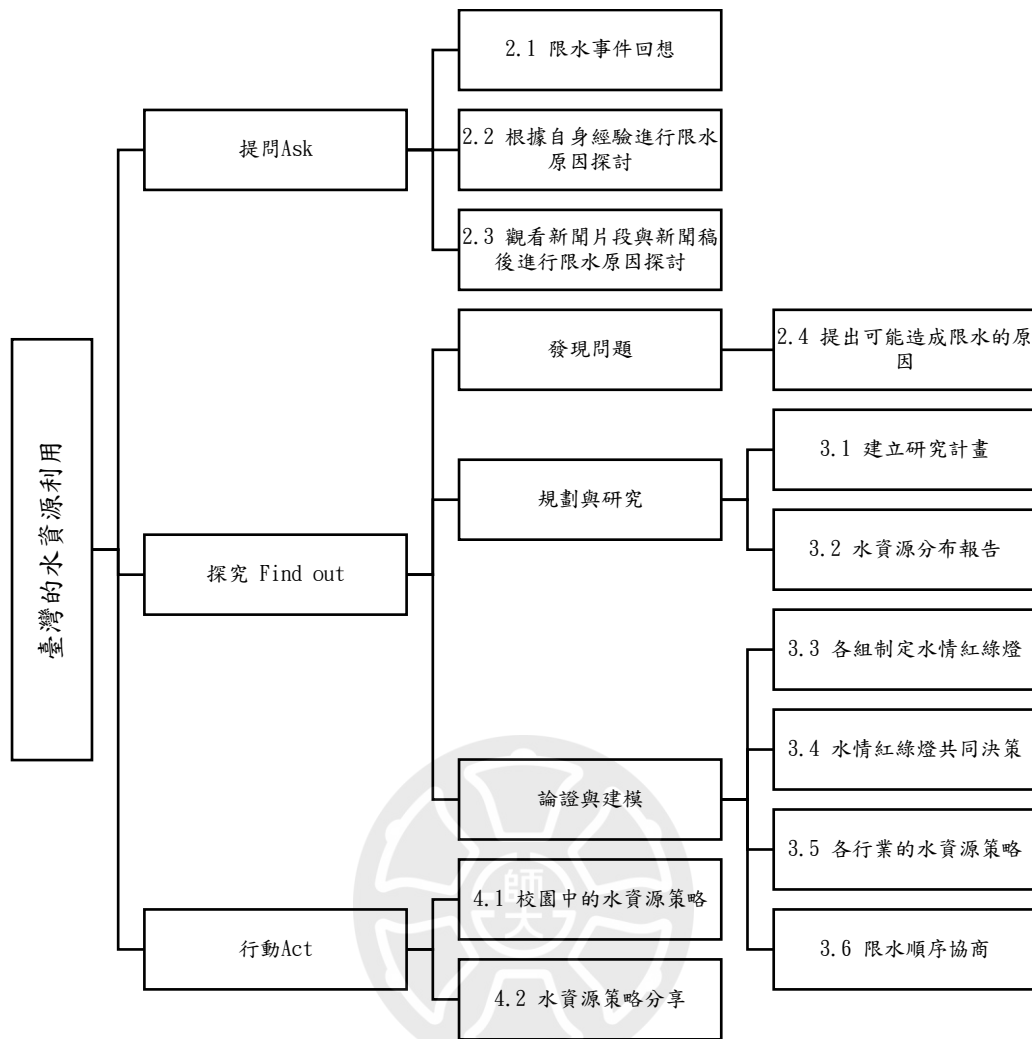


圖 3-3 課程架構圖（註：圖中數字代表於 CWISE 網頁的步驟編號。）

表 3-4 SSIBL 水資源數位教學模組內容

時程	SSIBL 架構	教學模組單元	教學模組內容簡介	時間 (分鐘)	
前測		探究能力測驗、水資源態度問卷		60	
社會性科學探究議題—臺灣的水資源利用	提問 Ask	2.1 限水事件回想	引導學生回憶並描述自己或新聞中曾經遇到的限水經驗：地區、時間、觸發原因、當時的感受與因應做法。	15	
		2.2 根據自身經驗進行限水原因探討	讓學生根據經驗列出「我認為造成限水的可能原因」。	15	
		2.3 觀看新聞片段與新聞稿後進行限水原因探討	讓學生在觀看新聞片段與新聞稿後，補充或修正自己在 2.2 列出的原因，並寫下「新聞中提到的證據」。	20	
	探究 Find out 與研究	發現問題	2.4 提出可能造成限水的原 因	整合個人經驗與新聞資訊，並透過上網蒐集資訊，列出可能造成限水的原因。	20
		規劃與研究	3.1 建立研究計畫	教師透過資料庫的介紹，引導學生建立研究計畫，以了解真正造成限水的原因。	40
		3.2 水資源分布報告	使各組呈現研究成果。	15	

論證 與建模	3.3 各組制定水情紅綠燈	各組根據對水資源的了解，各自設定「綠、黃、紅」三種警戒水情標準。	10	
	3.4 水情紅綠燈共同決策	各組展示自己設計的紅綠燈標準與理由，全班以共同協商方式，決定統一的水情警戒方案。	10	
	3.5 各行業的水資源策略	將學生分成「工業」、「農業」、「民生」、「政府」等角色，討論在不同水情下，自己角色可採取的節水或替代策略。	15	
	3.6 限水順序協商	以「有限水量」為前提，共同討論要如何決定先後限水對象即應採行的節水策略。	10	
	行動 Act	4.1 校園中的水資源策略	回歸自身生活，尋找在校園當中可能可以使用哪些節省水資源的策略，以及是否能確實發揮用途。	30
		4.2 水資源策略分享	透過分享各組的水資源策略，以了解在自身生活中可以付出的行動。	20
後測	探究能力測驗、水資源態度問卷			

(一) 提問 (Ask)

單元 2.1 限水事件回顧

本小節於教學模組伊始安排，以引發學生對水資源議題之情感共鳴。教師首先以文字說明及限水區域的分布圖呈現 2021 年限水事件之時空背景（參考圖 3-4），並請學生書寫自身經歷與所受影響（參考圖 3-5），藉此培養其對現象之初步觀察能力與脈絡理解。

2021年初，台灣本島西部地區發生大規模的乾旱事件，導致各地區進入不同程度的限水供水、限水、停水、停水、停水等情況，為自1947年以來最嚴重的乾旱，又被稱作「百年大旱」。此波旱象於5月底~6月逐漸緩解後時時降或、降雨，西南風帶來明顯驟雨而終於緩解，7月底~8月初陸續有梅花颱風、盧碧颱風及西南風流帶來明顯驟雨，台灣本島與離島澎湖、金門、馬祖的水情於8月5日全數恢復正常。此次旱象才告一段落。（修改自維基百科）

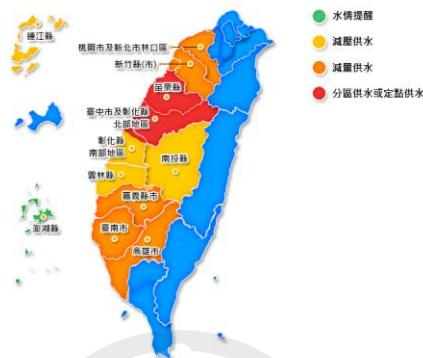


圖 3-4 教學模組 2.1 小節之內容

1. 請回想一下2021年的限水事件，回答下列問題：

A. 當時家中是否有受到限水的影響？如果有的話是發生了哪些狀況？

B. 當時是否有提前發現要限水的跡象，還是是突然才知道這件事情的？

圖 3-5 教學模組 2.1 小節之學生作答畫面

單元 2.2 根據自身經驗進行限水原因探討

透過引導性問題，學生被要求就限水成因進行初步假設。此階段強調對假設之時序條件與地理範疇的思考，並要求學生撰寫具體的原因敘述（參考表 3-2），進而培養其科學探究中「提出假設」之基本能力。

表 3-5 2.2 小節之題目內容

題號	題目內容
1	你認為為何當時台中市區會需要限水？
2	你認為是因為那些月份沒有雨或是雨少，所以當時台中市區要限水？
3	你認為是因為雨沒有下在哪些區域，所以當時台中市區要限水？

單元 2.3 觀看新聞片段與新聞稿後進行限水原因探討

學生首先觀看與閱讀 2021 年限水事件相關之新聞片段及政府發布之新聞稿，以獲取多元觀點與專業報導（參考圖 3-6）。此後，請學生重新檢視並修正先前假設（參考圖 3-7），以強化其批判性思考及資訊整合能力，並進一步理解媒體與政策文件中所揭示之實證資訊。



資料來源：苦！台中限水至5月底 數據曝「春雨歷年來第5少」【重點新聞】-20210509

氣象預測降雨偏少 加強節水 台中苗栗4月6日分區供水

2021-03-24 16:05 水利署

星災中央災害應變中心於今(24)日召開第10次工作會報，由指揮官經濟部部長王美花親自主持，歷於今年夏雨亦持續偏少，雖然近日降雨為全台水庫帶來的1150萬噸及時水量，但依中央氣象局最新降雨預報，未來一季降雨機率仍然偏少，為因應降雨的不確定性，4月1日起將進一步提升節水力道，苗栗、臺中及北彰化部分地區水情較嚴峻，4月6日起實施分區供水紅燈(節水15%)，另高屏溪流量已低於每秒4.8噸，連江地區亦已由苗栗風機抽水支援，故4月1日起高雄地區水情由漸惡供水黃燈轉為減量供水橙燈，連江地區由水情提提橙燈轉為減量供水黃燈。

王指揮官美花指出，104年大旱桃園、板新地區實施分區供水紅燈，今年旱象較104年更為嚴峻，相關單位自去年7月起風聲應變為歷史最早，透過調源、節流、調度及備援各項措施，迄今節水調度成效8倍增，並推動緊急抗旱水源利用計畫投入款項，全台增加每日78萬噸水源，故迄今尚能穩定供水，惟考量後續降雨未致或遲到情況，必須採取更積極節水措施提前應變，其中苗栗及臺中地區永和山、鯉魚潭及德基水庫蓄水量已低於1成5以下並將持續下降，為延長水庫供水時程，需加大力度採取進一步節水措施，故自4月1日起工業用水戶由11%提升至13%，2週後(4月6日起)苗栗、臺中地區(含彰化市及和美、花壇部分地區)由減量供水橙燈轉為分區供水紅燈，預估可節省水量15%，另外高雄地區高屏溪流量持續降低，連江地區南平水庫蓄水量偏低且亦已由苗栗風機抽水支援，因應水情變化，自4月1日起高雄地區水情由漸惡供水黃燈轉為減量供水橙燈(工業用戶自主節水7%)，連江地區由水情提提橙燈轉為減量供水黃燈。

王指揮官美花表示，分區供水相關細節政府及相關單位均已研擬因應措施，上述實施分區供水地區分為二區，供水5天，停水2天，以節水15%，其中部分地區具備獨立供水系統或支援管網，則採減供15%方式進行，已要求台水公司實施前將實施內容充分宣導，以利民眾、廠商預為準備，並由科技部、工業局及加工出口區管理處協助廠商在分區供水期間降低衝擊，另外高雄地區減量供水橙燈比照專家及臺南以工業用水戶節水7%及非工業用水戶節水10%，由台水公司逐週抄表查核，落實節水管控作業，確保於達成節水目標下，維持穩定供水。

王指揮官美花強調，56年來最大旱，正是水庫清淤最佳時機，在總統及行政院長指示下國庫與民間將一起投入全力拚清淤，預計可擴增8座水庫清淤量168萬m³，並為強化水情應變藍燈以下供水及應變需求，已再啟動緊急抗旱水源應變計畫2.0，預計可於6月前增加每日16.8萬噸水源，以嚴密計算，做最好準備，減少對民眾衝擊及確保重要供應穩定生產不中斷，並籲請大眾共體時艱，齊心抗旱。

資料來源：經濟部新聞稿 - 氣象預測降雨偏少 加強節水 台中苗栗4月6日分區供水

圖 3-6 教學模組 2.3 小節之內容

3. 看完新聞片段和經濟部的新聞稿後，請回答下列問題：

A. 你認為為何當時台中市區會需要限水？

B. 你認為是因為哪些月份沒有雨或是雨少，所以當時台中市區要限水？

C. 你認為是因為雨沒有下在哪些區域所以當時台中市區要限水？

圖 3-7 教學模組 2.3 小節之學生作答畫面

(二) 探究 (Find out)

1. 發現問題

單元 2.4 提出可能造成限水的原因

考量上述新聞報導多為質性描述，教師在此處會引導各小組利用平板電腦進行網路資料檢索，進行蒐集數據與實證研究，並依據所得資訊具體提出其認為最有可能導致限水之因素（參考圖 3-8）。此活動旨在培養學生運用開放性資料源進行科學探究與證據蒐集，以發現問題之能力。

4. 請上網蒐集相關資料後，具體提出可能造成限水的原因：

RESET

原因一	
原因二	
原因三	
原因四	
原因五	

儲存

圖 3-8 教學模組 2.4 小節之學生作答畫面

2. 規劃與研究

單元 3.1 建立研究計畫

在學生提出假設後，教師示範如何釐清研究問題、界定變數，並介紹六個涵蓋水文、氣候、用水量等維度之公開資料庫（參考圖 3-9）（完整教學內容見附錄一）。隨後，各小組依其選

定的五項假設計佐證策略，明訂所需數據欄位、資料蒐集途徑及組內分工（參考圖 3-10），並草擬研究流程與分析架構，以提升其科學研究方法論之素養。

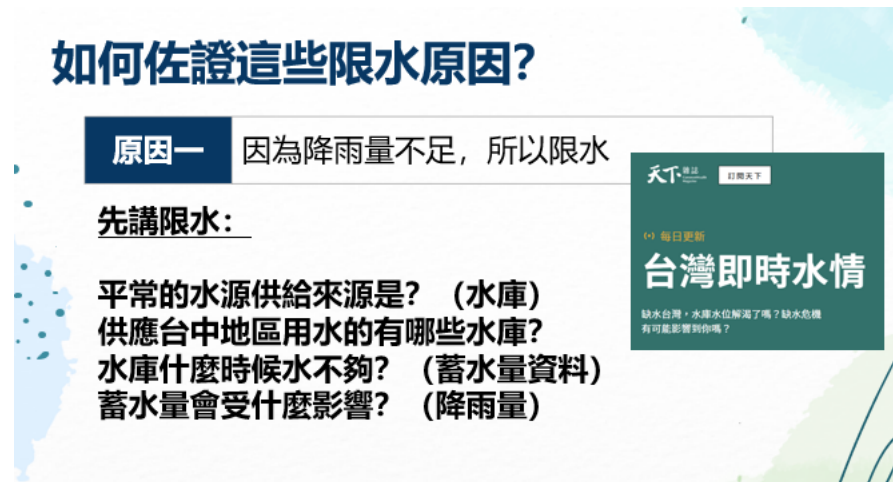


圖 3-9 教學模組 3.1 小節之教師教學內容投影片

A. 佐證原因一的計畫：

B. 要蒐集的資料與分工情形：

RESET

資料項目	時間尺度	空間尺度	資料來源	負責人	須完成時間

圖 3-10 教學模組 3.1 小節之學生作答內容

小組規劃完研究方法及分工後即可開始進行資料的蒐集及分析，教師會在過程中從旁提供協助，報告的檔案也已列好大綱（空白大綱請見附錄二）並提供學生，作為幫助學生分析的學習鷹架（參考圖 3-11）。

本週請根據上週所訂定的研究計畫開始進行資料的蒐集，並將蒐集到的資料利用適當的圖表記錄下來（關於圖表的繪製方法可參考：<https://support.microsoft.com/zh-tw/office/%E5%BB%BA%E7%AB%8B%E5%9C%96%E8%A1%A8%E7%9A%84%E5%AE%8C%E6%95%B4%E6%B5%81%E7%A8%B8-0baf399e-dd61-4e18-8a73-b3fd5d5680c2>）。

在所有原因都分析完之後，請打開雲端資料夾，將繪製的圖表整理到自己組別的google簡報上，並做成一份完整的報告。
https://drive.google.com/drive/folders/1S1EwKDQ_DvF3OyQOI1Umg9KP1emRQ_a?usp=sharing

圖 3-11 教學模組 3.1 小節之內容

單元 3.2 水資源分布報告

完成資料蒐集與初步分析後，學生分組進行口頭報告，每組 3 人共同報告，報告時間 5 分鐘，並針對水資源在不同時空尺度下之分布特徵發表見解。過程中，鼓勵同儕提出疑問並進行

討論，教師則提供回饋，藉以強化學生的科學論證與報告技巧。

3. 論證

單元 3.3 各組制定水情紅綠燈

基於對水資源時空分布之理解，各組學生根據既有水利局紅綠燈制度，提出各燈號（水情正常、警戒、限水）之判定指標與臨界值。此活動旨在培養其運用量化資料進行標準制定之能力（參考圖 3-12）。

水情燈號是為了方便民眾了解目前的水情狀況，由經濟部水利署所設計出來的水情狀況指示燈。在不同燈號時，政府會採取不同的水資源使用策略。經過前兩週的課程之後，大家已經針對水資源的分佈有了更進一步的了解，現在請你們小組共同討論出你們認為最合適的紅綠燈指標，綠燈代表水情無虞的狀況，使用水資源以正常利用及再利用為準則；黃燈為警戒狀況，使用水資源除了正常利用及再利用外，必須開始採取一些節水的措施；紅燈為吃緊狀態，除了必要使用的情況之外，會再加上再利用及限水的政策。

我們這組提出的水情紅綠燈：

綠燈（使用、再利用）：

黃燈（使用、再利用、節水）：

紅燈（使用、再利用、限水）：

圖 3-12 教學模組 3.3 小節之學生作答內容

單元 3.4 水情紅綠燈共同決策

各組展示並說明所擬紅綠燈判定標準，透過多次的組間對話來進行集體討論與協商，在全班層面達成統一之水情警戒方案，進一步強化其公共政策討論與社會決策參與能力。

單元 3.5 各行業的水資源策略

為使學生了解不同產業於限水情境下之因應措施，教師將學生分派至多個「專家小組」，總共分為工業、農業、民生、政府四種，並指派其蒐集該產業節水技術與管理策略（參考圖 3-13），最後在全班進行分享，以培養其跨領域資訊整合與問題解決之能力。

如果今天真的進入紅燈狀態，面臨要限水的情況了，受到衝擊的肯定不只民生用水，那麼政府是如何決定從哪些產業開始限水的呢？我們將共同進行一系列的探索。

1. 我們這組負責的產業別是：

- 工業
- 農業
- 民生用水
- 政府公務機關
- 水力發電

2. 請去探索此產業在紅燈狀態下可能會執行的水資源策略，並分析它屬於何種類型的策略（使用、再利用、節水、限水），以及在執行此策略時可能會受到的衝擊。

我們找到的第一個水資源策略是：

在執行第一個水資源策略時會受到的衝擊是：

圖 3-13 教學模組 3.5 小節之學生作答內容

單元 3.6 限水順序協商

在假定總水量有限之先決條件下，全班需討論並決定限水對象順序及節水策略實施優先級，此活動旨在使學生體驗社會科學議題中涉及的權衡與衝突，並反思不同利益相關者之立場與價值。

（三）行動（Act）

單元 4.1 校園中的水資源策略

結合先前所學產業節水策略，學生被引導將節水行動具體化為適用於校園環境之方案（參考圖 3-14），並以書面形式撰寫各自策略名稱與執行步驟，以培養其落實環境教育行動的規劃能力。

瞭解了台中地區的水資源分布，也已經思考過水情紅綠燈的各種情況，並瞭解各行各業的水資源應用措施，接著讓我們回歸到自己生活的環境，思考以下幾點：

1. 在校園中有哪些節省水資源的策略？
2. 校園中這些節省水資源的措施，有確實發揮它們的用途嗎？

思考完這些問題後，我們可以來想一下，如果想要在台中一中的校園節省水資源，我們可以提出哪些策略，或者是針對現行的策略做出哪些改善呢？

我們這組的水資源策略名稱：

策略的詳細內容：

執行此策略時，對各角色、場域可能會產生的衝擊：

 RESET

對象	可能產生的衝擊	解決方法

圖 3-14 教學模組 4.1 小節之學生作答內容

單元 4.2 水資源策略分享

最後，全班透過分享與互評各組所設計的校園節水方案，討論可行性與改進建議，並促進學生對自身日常生活中環境行動力的反思與承諾。

第二節 研究工具

為評估學生在 SSIBL 教學模組實施前後之學習成效，本研究採用兩項量化工具進行資料蒐集，分別為「探究能力測驗」與「對水資源態度問卷」，以了解學生在探究能力及對水資源態度的變化。另分析教學模組中的學生學習單作答內容，以了解學生於教學模組中的學習表現情形。

一、探究能力測驗

探究能力測驗內容涵蓋「發現問題」、「規劃與研究」、「論證」三項子能力，以了解學生在教學模組前後的各方面探究能力之變化。此測驗工具為吳建源（2023）於過去研究中使用並經信效度檢驗之版本，探究能力測驗試題內容取自吳心楷、許瑛瑄、黃福坤與任宗浩於2014的「科學探究能力的數位評量：以模擬為導向的線上系統－總計畫之研發」所發展的探究能力測驗題庫，因為課程進行時長限制的關係，所以從中挑選部分試題組合而成，並經由一位科學教育專家學者與一位高中地球科學教師共同審查與修訂，協助檢測內容效度，具有研究信度基礎。本探究能力測驗試題共15題，每項子能力各5題，每題皆包含「選擇題」與「論述題」（參考表3-3），學生須於選擇完選項後，進一步描述選擇的原因。本研究於教學模組前後進行施測，學生填答時間共60分鐘，藉以評估學生探究能力之提升情形。完整試題內容請參閱附錄三。

表 3-6 探究能力測驗部分試題

探究子能力	定義	【題號】 題目
發現問題	能正確蒐集資訊或察覺與情境最相關的待解決問題。	<p>※主題二 金屬加熱【試回答第2題】</p> <p>利用加熱器加熱一塊金屬，觀察加熱功率、金屬散熱功率（單位時間金屬散失的热量）與金屬溫度隨時間的變化關係。</p> <p>2. 使用加熱器對金屬加熱一段時間。根據下列假設，下列哪張圖最可能是加熱功率與金屬溫度隨時間的變化趨勢圖？</p> <p>(單選)</p> <p>以下有三個假設：</p> <p>假設一：加熱器提供的热量，有一定比率被金屬吸收；</p> <p>假設二：金屬所吸收的热量愈多，溫度愈高；</p> <p>假設三：金屬完全不會散熱。</p> <p>(2A) 圖 A。 (2B) 圖 B。 (2C) 圖 C。 (2D) 圖 D。</p> <p>【2】 2.1 承第2題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）</p>

規劃與研究

能判斷與研究問題相關的變因，或計劃適當次數的測試或提出最佳實驗規劃的方案。

※主題一 下沉快慢【試回答第1題】

1. 小慧認為：「物體下沉速度應該與液體黏稠的程度有關」。因此，她應該選擇哪些液體進行實驗補做，來驗證自己的看法？（複選，如有2種或以上答案，擇1種即可）

編號	(1A)	(1B)	(1C)	(1D)	(1E)	(1F)	(1G)	(1H)
液體種類	海水	純鹼液	植物油	牛奶	酒精	水(4°C)	氨水	蓖麻油
密度(公克/立方公分)	1.030	1.049	0.930	1.049	0.790	1.000	0.930	0.980
黏稠程度	小	大	大	小	小	小	小	大

【1】 1.1 承第1題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）

論證

能提出適當數據或科學證據詮釋探究結果，建立適當的模型或進一步運用科學原理、概念、數據等進行推理提出結論。

※主題十 蔬果579【試回答11~12題】

為了探討「不同酸鹼度的水對植物的生長情形為何？」，以 pH5（酸性）、pH7（中性）、pH9（鹼性）及水溶液 A 四種水溶液，分別對綠豆、萵苣澆 5 毫升的水，總共澆水 6 次，並記錄綠豆與萵苣的生長總高度。

11. 下表是綠豆的生長總高度記錄表。根據下表，水溶液 A 的 pH 值可能落在下列哪個範圍內？（單選）

綠豆	3月2日	3月4日	3月6日	3月8日	3月10日	3月12日
	生長總高度（單位：公分）					
pH5	0.0	3.2	5.0	9.9	8.5	12.2
pH7	0.0	2.5	3.8	2.7	6.2	7.2
pH9	0.0	1.0	1.5	9.4	5.4	6.1
水溶液 A	0.0	3.1	4.3	2.7	8.0	11.0

(X)：表示植物枯死

(11A) pH5.0~pH6.5。

(11B) pH6.5~pH7.5。

(11C) pH7.5~pH9.5。

【11】 11.1 承第11題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）

二、水資源態度問卷

本研究所採用於分析學生對水資源態度的問卷共分為三個構面：1.對水資源的關懷、了解與責任（黃月美,2012b） 2.對水資源利用的態度（李燕玲,2017） 3.對水資源保育的態度（李燕玲,2017）。各向度之試題皆引用自過去與水資源相關之論文。問卷內容由研究者參考文獻進行改編，並邀請具科學教育背景之專家學者進行內容效度檢核，並經過前導研究的資料收集，針對問卷進行驗證性因素分析（Confirmatory Factor Analysis, CFA），以檢驗其構念效度（參考表 3-4 及 3-5）。驗證性因素分析結果顯示，整體模型具有可接受的配適度（ $\chi^2/df=2.15$ ，CFI = 0.912，TLI = 0.888，RMSEA = 0.067，SRMR = 0.061），支持三構面問卷之基本結構。標準化因子負載量介於 0.39 至 0.78，其中 Q4、Q10 與 Q18 的負載量偏低（皆低於 0.45），顯示其在所屬構面中之解釋力較弱，然而考量這些題目能補足該構面核心概念的多樣性與完整性，故即便其因子負載量略低，仍予以保留，以維持整體構面涵蓋的完整性，未來可透過後續研究進一步檢驗與修訂此些題項之表述方式，以提升其測量品質。另亦確認內部一致性信度（參考表 3-6），適合作為本研究之成效測量工具。每一題均採用李克特式五點量表設計（Likert scale），三個構面分別為 6、7、7 題，共 20 題，每題皆從非常不同意、不同意、沒意見、同意，至非常同意，從 1 到 5 分來計算（問卷題目詳見表 3-7）。

表 3-7 驗證性因素分析各題項標準化因子負載量

構面	題項編號	標準化因子負載量 (λ)
對水資源的關懷、了解與責任	Q1	0.70
	Q2	0.65
	Q3	0.58
	Q4	0.41
	Q5	0.72
	Q6	0.75
對水資源利用的態度	Q7	0.74
	Q8	0.70
	Q9	0.62
	Q10	0.39
	Q11	0.68
	Q12	0.51
對水資源保育的態度	Q13	0.73
	Q14	0.57
	Q15	0.70
	Q16	0.78
	Q17	0.66
	Q18	0.42
	Q19	0.48
	Q20	0.60

表 3-8 CFA 模型整體配適度指標

指標名稱	數值	判準說明	配適度評價
χ^2/df	2.15	< 3 為理想	尚可
CFI	0.912	> 0.90 為良好	良好
TLI	0.888	> 0.90 為良好	還可
RMSEA	0.067	< 0.08 可接受	可接受
SRMR	0.061	< 0.08 為理想	理想

表 3-9 水資源態度問卷前導研究之內部一致性信度分析結果

構面	N	平均 (前測)	SD (前測)	平均 (後測)	SD (後測)	Cronbach's α (前測)	Cronbach's α (後測)
對水資源的關懷、 了解與責任	31	3.20	0.60	4.10	0.50	0.82	0.85
對水資源利用的態度	31	3.45	0.65	4.25	0.55	0.84	0.86
對水資源保育的態度	31	3.00	0.75	4.00	0.65	0.80	0.83
整體量表	31	3.22	0.67	4.12	0.57	0.87	0.89

表 3-10 水資源態度問卷

構面	題號	題目	題數
對水資源的關懷、 了解與責任	1	我關心臺灣常面臨到的缺水與淹水問題。	6
	2	我關心使用紙張是否會耗水。	
	3	一度水為 1,000 公升，臺灣自來水一度最低價為 7.35 元，我覺得這是合理的水價。	
	4	我覺得如果人類不需要水，水就沒什麼價值。	
	5	我看到前一使用者未關緊水龍頭，我有責任把它關緊。	
	6	雖然價格較高，我仍願意購買有省水標章產品，以為節水盡力。	
對水資源利用的態度	7	我覺得水是自然界中相當珍貴的資源，我們應該要愛惜使用。	7
	8	我覺得養成隨手關緊水龍頭，是減少水資源浪費的好習慣。	
	9	我覺得在生活中要常常檢查水資源有沒有被隨意浪費。	
	10	我認為臺灣的年雨量很充足，根本不需要將雨水回收再利用。	
	11	我認為利用雨撲滿（雨水儲留系統）將雨水存下來澆花及沖馬桶，是水資源再利用的好方法。	
	12	我覺得將使用過的水做回收再利用，是一件麻煩的工作。	
	13	我覺得人人都要養成節約用水的習慣	
對水	14	我認為就算做好垃圾分類，對於水資源保育的幫助不大。	7

資源	15	我覺得水資源需要妥善的經營管理，人類才能永續使用水資源。
保育	16	我認為保護水資源的生態環境對人類來說是很有價值的。
的態	17	我認為每一個人都有責任做好水資源保育工作。
度	18	我認為每個地方都可以興建水庫，那就不需要擔心沒有水可以用的問題。
	19	我覺得臺灣有豐沛的水源，因此水資源問題對我們的影響並不大。
	20	我認為是因為有前人的努力規劃，後來才有完善的水資源系統可以使用。

三、教學模組學習單

本教學模組中各部分皆有設計學習單，以了解學生在學習過程中的想法，以及探究能力改變的情形。因此教學模組為 SSIBL 水資源數位教學模組，故學習單的題目（詳見表 3-8）皆放置於 CWISE 平台上，學生可在各自的平板電腦上作答。

表 3-11 教學模組學習單內容

小節	題目	對應之探究學習內容
2.1	1. 請回想一下 2021 年的限水事件，回答下列問題： A. 當時家中是否有受到限水的影響？如果有的話是發生了哪些狀況？ B. 當時是否有提前發現要限水的跡象，還是突然才知道這件事情的？	發現問題－觀察現象－從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體等，進行多方觀察。
2.2	2. 請根據自身經驗回答下列問題： A. 你認為為何當時台中市區會需要限水？ B. 你認為是因為哪些月份沒有雨	發現問題－觀察現象－依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化。 發現問題－觀察現象－推測所觀察現象的可能成因。

或是雨少，所以當時台中市區要限水？

C. 你認為是因為雨沒有下在哪些區域所以當時台中市區要限水？

3. 看完新聞片段和經濟部的新聞稿後，請回答下列問題：

- A. 你認為為何當時台中市區會需要限水？
發現問題—觀察現象—依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化。
- 2.3 B. 你認為是因為哪些月份沒有雨或是雨少，所以當時台中市區要限水？
發現問題—觀察現象—推測所觀察現象的可能成因。
- C. 你認為是因為雨沒有下在哪些區域所以當時台中市區要限水？
-

- 2.4 4. 請上網蒐集相關資料後，具體提出可能造成限水的原因：
發現問題—蒐集資訊—利用報紙、圖書、網路與媒體蒐集相關資訊，並判斷資訊來源的可靠性。
發現問題—蒐集資訊—閱讀與理解資訊內容。
發現問題—蒐集資訊—整理並提取適當的資訊。
-

- 2.5 5. 在聽完老師的介紹，認識了許多資料庫之後，你們可以使用這些資料庫中的數據，來佐證在第 4 題所提出可能造成限水的原因。請完成下列項目以幫助進行後續的分析：
發現問題—形成或訂定問題—依據觀察所得，經由蒐集資訊、閱讀和討論等過程，提出適合科學探究的問題。
發現問題—提出可驗證的觀點—依據選定的問題提出想法、假說或模型。
- A. 請以文字說明要用來佐證各原
-

<p>因的計畫</p> <p>如：要驗證降雨量變少這個原因的話，需要收集近幾年的降雨量資料以及水庫的蓄水量變化，看看降雨量在 2021 年是不是真的有特別少，以證明降雨量變少確實會造成限水。</p> <p>B. 請將要蒐集的資料與分工情形詳列出來</p>	<p>規劃與研究—尋找變因或條件—判定與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係。</p> <p>規劃與研究—尋找變因或條件—合理的預測探究的可能結果。</p> <p>規劃與研究—擬定研究計畫—依據所提出的問題，計劃適當的方法、材料、設備與流程。</p>
<p>本週請根據上週所訂定的研究計畫開始進行資料的蒐集，並將蒐集到的資料利用適當的圖表記錄下來。</p>	
<p>3.1 在所有原因都分析完之後，請打開雲端資料夾，將繪製的圖表整理到自己組別的 google 簡報上，並做成一份完整的報告。</p>	
<p>在課堂教學中，教師透過引導學生運用資料庫進行資料蒐集與驗證，以訓練其有系統地蒐集與記錄定性與定量資料的能力。</p>	
<p>3.1 在資料分析階段，學生需運用資訊與數學方法整理資料，並以圖表形式呈現，強化分析資料與呈現證據的能力。</p>	<p>論證與建模—分析資料和呈現證據—使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據。</p> <p>論證與建模—分析資料和呈現證據—依據整理後的資料數據，製作圖表。</p>

	學生透過檢視資料中的變化趨勢與變項間的關聯，推測其背後可能的因果關係，進一步從資料中歸納出規律，並形成有邏輯的解釋與論點。	論證與建模－分析資料和呈現證據－由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 論證與建模－解釋和推理－由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義。 論證與建模－解釋和推理－由探究所得的解釋形成論點。
4.1	水資源時序分布報告互評表	
4.2	我們這組提出的水情紅綠燈： 綠燈、黃燈、紅燈	
5.1	水情紅綠燈組間對話	
5.2	1. 我們這組負責的產業別是： 工業／農業／民生用水／政府公務機關／水力發電 2. 請去探索此產業在紅燈狀態下可能會執行的水資源策略，並分析它屬於何種類型的策略(使用、再利用、節水、限水)，以及在執行此策略時可能會受到的衝擊，準備在下週的課程中跟全班報告。	論證與建模－提出結論或解決方案－依據證據提出合理的解決方案。 論證與建模－提出結論或解決方案－由探究結果形成結論、新的概念或問題。 論證與建模－提出結論或解決方案－檢核自己、同學的結論與其他相關的資訊或證據的異同。
5.3	限水順序協商	
6.1	校園中的水資源策略	
6.2	水資源策略組間回饋表	

探究能力測驗與對水資源態度問卷，兩項研究工具皆於教學模組實施當日的水資源議題教學模組實施前、後時段完成施測，問卷與測驗題目內容保持一致，以確保施測資料具備研究效

度，以評估學生於水資源議題教學模組的變化。



第二節 資料蒐集與實施流程

本研究資料蒐集於 2024 年寒假期間，配合北部某市立高中辦理之寒假科學營活動進行。課程採一日密集型設計，研究者親自規劃與主持課程實施與資料蒐集，並落實研究倫理原則以確保參與者權益。

課程進行流程如下：教學模組開始前 60 分鐘施行前測，包含探究能力測驗與水資源態度問卷；接續進行六節課的教學活動，並於教學模組結束後進行 60 分鐘後測，測量工具與前測相同。施測過程中，研究者強調學生自主作答，並保證所有資料皆經匿名化處理。

第三節 資料分析方法

本研究所得資料以 SPSS 統計分析軟體進行分析，依據研究問題採取相對應之統計方法進行量化分析（詳見表 3-9），說明如下：

一、教學模組對學生學習探究能力的影響為何？

（一）學生在前、後測的整體與各項探究子能力是否有差異？

為檢視教學模組對學生整體與各構面探究能力之影響，採用成對樣本 t 檢定（Paired Samples t-test），分析學生前後測分數差異是否達統計顯著水準，並輔以敘述性統計呈現平均數與標準差等指標，觀察學習趨勢。

二、教學模組對學生對水資源態度的影響為何？

（一）學生在教學模組前、後對水資源的態度改變是否有差異？

為探討學生在教學模組實施前後對水資源態度是否有差異，以相依樣本 t 檢定比較學生前測與後測的分數。

三、不同先備探究能力學生的表現差異

（一）高、低先備探究能力的學生在教學模組中的探究能力表現是否有差異？

為分析不同先備探究能力學生在教學模組中之表現差異，將學生依前測成績的總分高低進行分組，並將課程中之學習單作答結果編碼後進行分析，採用 Mann-Whitney U 檢定（以下簡稱 U 檢定）進行分析。

因教學模組中「規劃與研究」部分的課程內容為小組進行，所以在「規劃與研究」部分的學生表現，將以小組前測成績的總和高低來做高、低先備探究能力的區分，因組數較少，將直接區分為高分組四組及低分組四組，並以此進行分析。

(二) 高、低先備探究能力的學生在教學模組後，探究能力進步分數是否有差異？

為分析不同先備能力學生在教學模組進行後的進步分數，將以後測成績減前測成績，以作為學習改變之量測數值，並採用 U 檢定進行分析。

四、不同先備態度的學生的表現差異

(一) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組中的探究能力表現是否有差異？

因教學模組中「規劃與研究」部分的課程內容為小組進行，為探討學生對水資源的態度與教學模組中的表現之關聯，在「規劃與研究」部分的學生表現，將以小組前測成績的總和高低來做高、低分組，因組數較少，將直接區分為高分組四組及低分組四組，檢視高低態度學生在課程作答結果上的差異，並使用 U 檢定分析先備態度高、低分組的在教學模組實施時的探究能力表現差異。

(二) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組後，探究能力進步是否有差異？

為探討學生對水資源的態度與探究能力進步之關聯，依前測態度問卷分數進行分組，檢視高低態度學生在探究能力測驗分數進步上的差異，使用 U 檢定分析先備態度高、低分組的探究能力進步的差異。

在進行獨立樣本 t 檢定與成對樣本 t 檢定之前，先對探究子能力的前後測平均分數與態度問卷的前後測平均分數進行常態性檢定。Shapiro-Wilk 檢定結果顯示，所有變項皆符合常態分布 (p 值皆大於 .05)，因此可以採用獨立樣本 t 檢定與成對樣本 t 檢定等統計方法進行資料分析。然而，在進行分組比較時 (如先備探究能力高、低分組或水資源態度高、低分組)，由於各分組之樣本數較少，Shapiro-Wilk 常態性檢定未通過 (p 值小於 .05)，顯示資料不符合常態分布假設。因此，在進行分組之差異分析時，本研究改採 Mann-Whitney U 檢定等非參數統計方法，以提高分析結果之適切性與信效度。

為使統計檢定結果更具解釋力，本研究除報告顯著性 (p 值) 外亦計算效果量 (effect size, E. S.)。效果量可提供介入措施或變項間差異之實際影響力大小，有助於評估教學成效。

在針對不同的統計分析方法，會分別採用對應的效果量指標一同呈現數據。對於成對樣本 t 檢定，採用 Cohen's d 作為效果量指標，其解釋標準依據 Cohen (1988) 之建議：0.2 為小效果 (small)、0.5 為中效果 (medium)、0.8 以上為大效果 (large)。若進行非參數檢定 (如 U 檢定)，則輔以 r 值 ($r=Z/\sqrt{N}$) 作為效果量，其中，Z 為 U 檢定所得之 Z 值，N 為總樣本數 (兩組樣本數之和)。效果量解釋標準依 Cohen (1988) 建議：0.1 為小效果 (small)、0.3 為中效果 (medium)、0.5 以上為大效果 (large)。效果量可以作為針對各項變項間差異大小的參考指標，以判斷研究的介入的顯著性大小，亦進一步了解其實質上的影響力。

表 3-12 研究資料分析表

研究問題	分析項目	資料來源			分析方法
		教學模 組學習 單	探究 能力 測驗	態度問卷	
一、教學模組 對學生學習探 究能力的影響 為何？	(一) 學生在前、 後測中整體與各項 探究子能力的分數 是否有差異？		●		成對樣本 t 檢定
二、教學模組 對學生對水資 源態度的影響 為何？	(一) 學生在教學 模組前、後對水資 源的態度改變是否 有差異？			●	成對樣本 t 檢定
三、不同先備 探究能力學生 的表現差異	(一) 高、低先備 探究能力的學生在 教學模組中的探究 能力表現是否有差 異？	●	●		內容分 析、 Mann- Whitney U 檢定
	(二) 先備探究能 力高、低分組的學 生在教學模組後， 探究能力進步分數 是否有差異？		●		Mann- Whitney U 檢定
四、不同先備 態度的學生的 表現差異	(一) 在前測中對 水資源態度高、低 分組的學生在教學 模組中的探究能力 表現是否有差異？	●		●	內容分 析、 Mann- Whitney U 檢定
	(二) 在前測中對 水資源態度高、低 分組的學生在教學		●	●	Mann- Whitney U 檢定

模組後，探究能力
進步是否有差異？

以下分別依三種研究工具所蒐集的資料，其資料分析方式分述如下：

一、探究能力測驗

本研究使用的探究能力測驗包含三項探究子能力，分別為：（一）發現問題：能基於情境素材（例如：乾旱新聞片段、限水案例描述）正確蒐集並整理資訊，並提出與情境最相關的待解決問題。（二）規劃與研究：能判斷研究問題中的關鍵變因，並規劃必要之實驗或測試步驟，依據課堂提供之材料與時間，擬定清晰且可操作的實驗方案。（三）論證：能運用探究過程中蒐集之數據及科學原理，對探究結果進行詮釋，並建立簡明之概念模型，藉以推導合理結論。

依據上述三項探究子能力的向度品質，本研究參考吳建源(2023)對於此「探究能力測驗」之開放性試題的作答評分規準。將三項探究子能力分為三個表現等級，分別為「精熟」、「基礎」與「待加強」，各探究子能力之表現等級描述請參閱表 3-10。

表 3-13 各探究子能力之表現等級

探究子能力	表現等級	表現等級描述
發現問題	精熟	能「正確」蒐集資訊或提出與情境最相關的待解決問題。
	基礎	「無法完整」正確蒐集資訊或「無法」察覺與情境最相關的待解決問題。
	待加強	蒐集「錯誤」資訊或提出與情境「無關」之待解決問題。
規劃與研究	精熟	能「正確」提出與研究問題相關的變因，或「能」計劃適當次數的測試或提出最佳實驗規劃的方案。
	基礎	「無法完整」正確提出與研究問題相關的變因，或「無法完整提出」最佳實驗規劃的方案。

	待加強	「無法辨認與提出」與研究問題相關的任一變因，或「無法提出」實驗規劃的方案。
	精熟	能提出「正確」的數據作為證據支持主張，或「能明確」說明主張與證據之間的關係。
論證	基礎	提出數據作為證據支持主張時，或說明主張與證據之間關係時有「部份錯誤」。
	待加強	提出「不適當」的數據作為證據，或說明主張與證據之間關係時「完全錯誤」。

於探究能力測驗中，各題目會依據上述各項探究子能力之表現等級描述，參考吳建源(2023)的評分規準，並整合學生的作答情況，調整各題的評分規準，部分試題評分規準如表 3-11 所示，完整評分試題評分規準請見附錄四。若學生於該題作答屬於「精熟」，即得 2 分；屬於「基礎」，即得 1 分；屬於「待加強」，即得 0 分。

表 3-14 探究能力測驗題目之評分規準

題號 【探究子能力】	表現等級	評分規準
	精熟	能正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)，且能正確理解「操縱變因（黏稠程度）」與「控制變因（密度）」。
1 【規劃與研究】	基礎	能正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)，但只能正確理解「操縱變因（黏稠程度）」或「控制變因（密度）」其一。

		無法正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)，但能正確理解「操縱變因（黏稠程度）」或「控制變因（密度）」。
	待	無法正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)，且無法正確理解
	加	「操縱變因（黏稠程度）」或「控制變因（密
	強	度）」。
	精	能正確選擇(2A)，且能正確理解「金屬溫度趨勢」對
	熟	應「吸收熱量，溫度愈高（假設二）」與「不散熱
		（假設三）」的資訊。
	基	能正確選擇(2A)，但只能正確理解「金屬溫度趨勢」
		對應「吸收熱量，溫度愈高（假設二）」或「不散熱
		（假設三）」其一資訊。
2	礎	無法正確選擇(2A)，但能正確理解「金屬溫度趨勢」
		對應「吸收熱量，溫度愈高（假設二）」或「不散熱
		（假設三）」任一資訊。
	待	能正確選擇(2A)，但無法正確理解「金屬溫度趨勢」
	加	對應「吸收熱量，溫度愈高（假設二）」或「不散熱
	強	（假設三）」任一資訊。
		無法正確選擇(2A)，也無法正確理解「金屬溫度趨
		勢」對應「吸收熱量，溫度愈高（假設二）」或「不
		散熱（假設三）」任一資訊。
3	精	能正確選擇(3C)與(3D)，且能正確理解「釋放高度
	熟	（運用細繩長度或直尺）」與「質量」當作實驗時的
		變因。

能正確選擇(3C)與(3D)，但只能正確理解「釋放高度（運用細繩長度或直尺）」或「質量」當作實驗時的變因。

基礎

能正確選擇(3C)與(3D)，但無法正確理解「釋放高度（運用細繩長度或直尺）」或「質量」當作實驗時的變因。

只能正確選擇(3C)或(3D)，且能正確理解「釋放高度（運用細繩長度或直尺）」或「質量」當作實驗時的變因。

待加強

只能正確選擇(3C)與(3D)，但無法正確理解「釋放高度（運用細繩長度或直尺）」與「質量」當作實驗時的變因。

無法正確選擇(3C)或(3D)，也無法正確理解「釋放高度（運用細繩長度或直尺）」或「質量」當作實驗時的變因。

本研究所使用之探究能力測驗為先前研究者所開發之評量工具（吳建源，2023），包含多題論述題，並已制定明確之評分規準。本研究論述題之評分係由該測驗原開發者負責，評分準則依其原始設計執行。為確認該評分規準具備良好一致性，原研究亦曾邀請一位具教學經驗之高中地球科學教師，協同評分有效樣本中前 30 位學生之作答，並以統計軟體 SPSS 計算評分者間信度（參考表 3-12）。分析結果顯示，各題之 Kappa 係數均大於 .80，皆達統計顯著水準（ $p < .05$ ），表示兩位評分者在使用該評分規準下具有高度一致性，詳見表 3-4 所示。故本研究採用其評分結果進行後續資料分析，具一定信度基礎。

表 3-15 探究能力測驗各題的 Kappa 係數

題號	1	2	3	4	5
Kappa 係數	1.00	.865	.833	.842	.944
題號	6	7	8	9	10
Kappa 係數	.841	.849	.873	.826	.818
題號	11	12	13	14	15
Kappa 係數	.945	.893	.945	.874	.875

二、水資源態度問卷

本研究選用之水資源態度問卷涵蓋三大構面：（一）對於水資源之關懷、認知與責任感（黃月美，2012b）；（二）對水資源利用之態度（李燕玲，2017）；（三）對水資源保育之態度（李燕玲，2017）。各構面題項均引自既有水資源相關研究，以確保內容效度。問卷採五點李克特量表設計，量表選項自「非常不同意」（1分）至「非常同意」（5分），參與學生依其認同程度進行作答（題目內容詳見表三-3）。於資料分析時，將各構面下題項之分數取平均以代表該構面整體態度，並據此平均分數將樣本分為高、低兩組；如遇相同分數者，則同時納入對應分組。

三、教學模組學習單

本研究教學模組於各學習階段均設計對應之學習單，以掌握學生在探究過程中的思維與能力發展。學習單評分依據各探究子能力之表現等級，將其表現分為2分、1分及0分。

因課程規劃的關係，在「規劃與研究」的部分係以小組方式進行，故於「規劃與研究」部分的分析將以小組內成員的前測分數加總後之結果來區分高分組與低分組，並以此進行後續分析。

第四節 研究流程

為清晰呈現本研究之整體執行歷程，歷經以下三個階段（詳見表 3-13）：

- 一、**準備階段**：參考先前前導研究之經驗與學生回饋進行教學模組設計優化，並發展研究工具與教學活動數位模組。
- 二、**資料收集階段**：於正式場域中實施課程與施測程序。
- 三、**結果分析階段**：依據研究問題整理並分析教學模組前後所蒐集之數據，撰寫研究報告並針對研究問題進行討論與建議。

表 3-16 研究流程表

時間	執行內容	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	備註	
		思考、確認研究問題	相關文獻探討	設計研究方法	發展研究工具	預試與修正	正式實施測驗	資料整理與分析	撰寫論文		
2022年	5									一、準備階段 1. 教學工具發展：SSI 教學模組 (2022/5~2022/10) 2. 評量工具發展：探究能力測驗初版 (2022/06~2022/10) 3. 專家審查 1st (2022/10~2022/11) 4. 預試：中部某校微課程 (2022/09~2023/01) 5. 教學工具修訂 (2023/03~2024/01) 6. 評量工具修訂 (2023/03~2024/01) 7. 專家審查 2st (2023/12)	
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
	11										
	12										
	2023年	1									
		2									
		3									
		4									
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											

	12	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
2 0 2 5 年	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	

二、資料收集階段

前測 → SSI 教學模組實施 → 後測

(2024/01/22)

三、結果分析階段

1. 資料整理

(2024/02~2025/02)

2. 分析資料

(2024/02~2025/06)

3. 論文撰寫

(2024/02~2025/07)



第四章 研究結果

本研究旨在探討以 SSIBL (Socio-Scientific Issues-based Learning) 為核心設計的教學模組對高中生科學探究能力與水資源態度的影響。本研究通過前後測評估學生的學習成果，以下是針對研究問題的分析結果。

第一節 教學模組對學生學習探究能力的影響

一、教學模組對學生學習探究能力的影響為何？

(一) 學生在前、後測的整體與各項探究子能力是否有差異？

為比較學生在教學模組前後各子能力與整體探究能力表現的差異，本研究採用成對樣本 t 檢定進行分析，結果如表 4-1 所示。在「論證」子能力中，後測平均數 ($M=0.99, SD=0.41$) 顯著高於前測 ($M=0.72, SD=0.44$)，差異達統計顯著 ($t=5.13, p<.001, \text{Cohen's } d=1.05$)，效果量屬於大效果，顯示學生在該能力有顯著進步。在「探究能力總分」中，後測平均數 ($M=1.03, SD=0.34$) 亦顯著高於前測 ($M=0.91, SD=0.40$) ($t=2.55, p=.019, \text{Cohen's } d=0.52$)，效果量為中等效果，表示學生整體探究能力有明顯提升。然而，「發現問題」與「規劃與研究」兩項子能力的前後測差異未達統計顯著 ($p>.05$)，效果量亦屬小效果，顯示學生在這兩項能力的進步幅度有限。

表 4-1 探究能力測驗前後測成對樣本 t 檢定結果

子能力	前測 M (SD)	後測 M (SD)	t 值	p 值	Cohen's d
發現問題	0.9 (0.50)	0.96 (0.48)	0.88	.389	0.18
規劃與研究	1.11 (0.46)	1.15 (0.44)	0.4	.695	0.08
論證	0.72 (0.44)	0.99 (0.41)	5.13	<.001*	1.05
探究能力總分	0.91 (0.40)	1.03 (0.34)	2.55	.019*	0.52

* $p < .05$

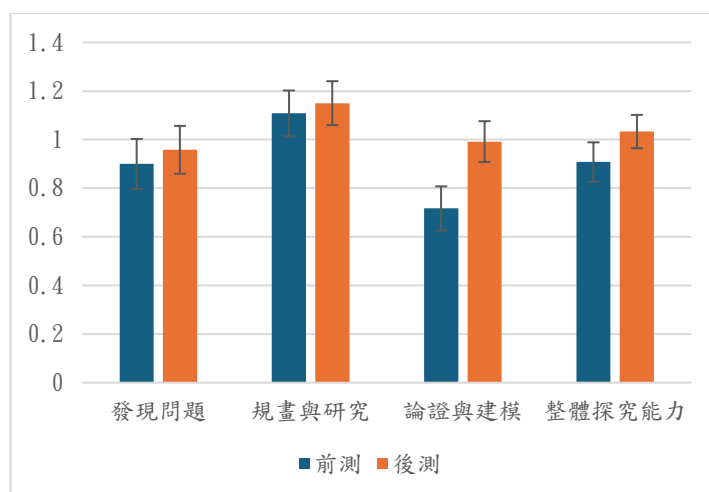


圖 4-1 探究能力測驗前、後測之三項子能力與整體探究能力比較圖

第二節 教學模組對學生對水資源態度的影響

二、教學模組對學生對水資源態度的影響為何？

(一) 學生在教學模組前、後對水資源的態度改變是否有差異？

如表 4-2 所示，成對樣本 t 檢定結果顯示，學生在「對水資源的關懷、了解與責任」此構面上從前測 ($M = 3.74, SD = 0.48$) 至後測 ($M = 3.95, SD = 0.49$) 有顯著提升， $t(23) = 3.32, p = .003, \text{Cohen's } d = 0.68$ (中等效果)。「對水資源利用態度」的構面上亦顯著提升，從 $M = 4.14$ ($SD = 0.50$) 增至 $M = 4.45$ ($SD = 0.49$)， $t(23) = 4.55, p < .001, d = 0.93$ (大效果)。然而，「對水資源保育態度」此構面之變化不顯著， $t(23) = 0.76, p = .453, d = 0.16$ 。整體態度分數亦顯著增加，從 $M = 4.08$ ($SD = 0.41$) 至 $M = 4.27$ ($SD = 0.42$)， $t(23) = 3.69, p = .001, d = 0.75$ (中等偏大效果)。

表 4-2 水資源態度問卷前後測成對樣本 t 檢定結果

構面	前測 M (SD)	後測 M (SD)	t 值	p 值	Cohen's d
對水資源的關懷、 了解與責任	3.743 (0.481)	3.951 (0.485)	3.315	.003*	0.68
對水資源利用態度	4.137 (0.501)	4.446 (0.488)	4.547	<.001*	0.93
對水資源保育態度	4.369 (0.463)	4.417 (0.521)	0.763	.453	0.16
整體態度	4.083 (0.409)	4.271 (0.419)	3.689	.001*	0.75

* $p < .05$

第三節 不同先備探究能力學生的表現差異

二、不同先備探究能力學生的表現差異

表 4-2 為探究能力測驗高分組與低分組學生人數與平均前測分數，高分組 (n=10) 學生平均前測得分為 3.82，而低分組 (n=9) 僅為 1.53。此一分組方式有效地將學生依其先備探究能力劃分，確保高、低分組間基準分數差距充足，使後續探討兩組在教學模組中之表現具備充足意義。

表 4-2 探究能力測驗高分組與低分組學生人數與平均前測分數

組別	人數	平均前測分數
高分組	10	3.82
低分組	9	1.53

(一) 高、低先備探究能力的學生在教學模組中的探究能力表現是否有差異？

1. 發現問題

表 4-3 中，高分組學生在「發現問題」環節的作答特色有別於低分組。具體而言，高分組有 60% 的學生能提出如時空分布、降雨強度等具體細節，遠高於低分組的 22%；在「水庫淤積」的提及率上，高分組 (70%) 也明顯領先低分組 (44%)。此外，只有高分組學生 (20%) 會主動指出具體天氣現象 (如颱風、梅雨季)，而低分組完全未提出此類要素；相對地，低分組中有 44% 的學生止於籠統的「氣候變遷」描述，顯示其對問題背景的掌握仍待加強。雖然兩組在提出因果關係時差異不大 (高 60% vs. 低 56%)，但在問題的深度與情境嵌入上，高分組整體表現更為優異。

表 4-3 教學模組中發現問題部分之作答結果

作答特色：提及特定性質的作答 人數比例	高分組 (n=10)	低分組 (n=9)
1. 答案具體細緻 (如：時空分布、降雨強度、集水區)	60% (6 人)	22% (2 人)
2. 提及水庫淤積	70% (7 人)	44% (4 人)
3. 提出明確的因果關係 (如：地形陡峭→蓄水難)	60% (6 人)	56% (5 人)
4. 提及管線漏水	40% (4 人)	22% (2 人)
5. 提及水費過低	40% (4 人)	33% (3 人)

6. 提及具體天氣現象（如：颱風、梅雨季）	20%（2人）	0%（0人）
7. 提及籠統的氣候變遷	40%（4人）	44%（4人）

學生在教學模組中「發現問題」部分的表現，會根據作答的內容分別對應 2、1、0 之得分，評分說明及作答示例如表 4-4 所示。

表 4-4 學生在教學模組中「發現問題」部分的評分說明與作答示例

得分	評分說明	作答示例
2	學生能提出多面向、具體的情境細節。回答中常同時涵蓋水文、地形、基礎設施與氣候變遷等多元面向，能清楚定位與限水情境最相關的核心問題。	降雨時空分布不均 地形陡峭，水庫難以蓄水 管線品質低落、漏水率高，泥沙淤積高 氣候變遷下的嚴峻挑戰 地下水超抽，導致供給面臨危機
1	雖然內容具體，但有些要素較偏向政策面或技術面，或缺乏更精細的時間、空間描述。	水庫淤積嚴重 水費太便宜以至於大家不懂的節約用水 自來水、農業灌溉溝渠年久失修漏水
0	回答要素較少（3 至 4 項），且多為較空泛的質性描述，很少提到具體的水文地理條件或基礎設施問題，顯示對情境素材的蒐集與問題聚焦仍需強化。	氣候變遷 水資源不足 未珍惜水源

為探討探究能力測驗高分組與低分組學生在「發現問題」得分上的差異，本研究採用非參數 Mann-Whitney U 檢定進行分析。結果如表 4-5 所示，結果顯示，高分組（n=10）的平均數為 1.00（SD=0.67），中位數為 1.0；低分組（n=9）的平均數為 1.22（SD=0.83），中位數同為 1.0。兩組間差異未達統計顯著（ $U = 37.00, p = .508$ ），效果量 $r = 0.15$ ，屬於小效果，表示高分組與低分組在「發現問題」得分上的表現沒有顯著差異。

表 4-5 探究能力測驗高分組與低分組學生在「發現問題」得分之非參數 Mann-Whitney U 檢定結果

組別	n	Mean	SD	中位數	U 值	p 值	r 效果量 (等級)
高分組	10	1.00	0.67	1.0	37.00	0.508	0.15 (小)
低分組	9	1.22	0.83	1.0			

2. 規劃與研究

學生在教學模組中「規劃與研究」部分的表現，會根據作答的內容分別對應 2、1、0 之得分，評分說明及作答示例如表 4-6 所示。

表 4-6 學生在教學模組中「規劃與研究」部分的評分說明與作答示例

得分	評分說明	作答示例
2	<ul style="list-style-type: none"> - 能自資料庫中蒐集關鍵數據。 - 針對每項假設的限水原因附上具體數值、時序趨勢或空間分布圖，並做初步比對。 - 具備簡要的資料分析描述(如百分比、趨勢說明)。 	<ul style="list-style-type: none"> - 「2020–2024 年桃園地區月降雨量：乾期平均 45 mm，較歷年同期低 20%」 - 「管網漏失率由 2018 年 18% 降至 2023 年 22%，顯示基礎設施老化加劇」
1	<ul style="list-style-type: none"> - 引用部分統計數據。 - 僅列出數據結果，缺乏趨勢描述。 	<ul style="list-style-type: none"> - 「2023 年台北市年雨量約 1,100 mm，低於過去 10 年平均 1,250 mm」 - 「據水利署統計，2022 年全國供水漏失率約 20%」
0	<ul style="list-style-type: none"> - 僅泛泛引用「報章報導」、「網路資料」等，未具體指出來源名稱或時間範圍。 - 缺乏任何數值支持，或僅以質性敘述代替數據驗證。 - 未展現從資料庫蒐集與分析的能力。 	<ul style="list-style-type: none"> - 「根據新聞說明，去年降雨變少導致缺水」 - 「網路上有人提到管線老舊容易漏水」

為探討探究能力測驗高分組與低分組學生在「規劃與研究」得分上的差異，本研究採用非參數 Mann - Whitney U 檢定進行分析。結果如表 4-7 所示，結果顯示，高分組 (n=4) 的平均數為 1.50 (SD=0.58)，中位數為 1.50；低分組 (n=4) 的平均數為 0.50 (SD=1.00)，中位數為 0.00。兩組間差異未達統計顯著 (U=13.00, p=.169)，但效果量 r=0.51，屬於大效果，顯示高分組在「規劃與研究」得分上雖無顯著優勢，但在統計效果上呈現明顯差異。

表 4-7 探究能力測驗高分組與低分組學生在「規劃與研究」得分之 Mann-Whitney U 檢定結果

組別	n	Mean	SD	中位數	U 值	p 值	r 效果量 (等級)
高分組	4	1.50	0.58	1.50	13.00	0.169	0.51 (大效果)
低分組	4	0.50	1.00	0.00			

3. 論證

表 4-8 的「論證」課程表現中，高分組學生更傾向於運用多元且系統性的思維模式。70% 的高分組學生能從經濟、成本或價值角度切入，提出如產業損失與補償的論述，而低分組僅有 22%；40% 的高分組展現系統性連動思考（例如政策影響產業循環），略高於低分組的 33%。具長遠視角的永續性思維則僅見於高分組的 20%，低分組未見此類表述，顯示高分組能更進一步將探究結果與未來發展相結合。相反地，低分組有 44% 的學生在理由呈現上出現模糊或重複（如「影響不大」、「最有效」），而高分組僅有 10%，反映低分組在論證深度與嚴謹性方面仍需加強。

表 4-8 教學模組論證中部分之作答結果

作答特色：理由呈現的思維模式比例	高分組 (n=10)	低分組 (n=9)
1. 提及經濟/成本/價值考量（如：成本、損失、產業價值、補償）	70% (7 人)	22% (2 人)
2. 展現系統性/連動性思維（如：A 政策影響 B 單位、水重複利用）	40% (4 人)	33% (3 人)
3. 具備長遠/永續性視角（如：解決根本、為未來鋪路、研發）	20% (2 人)	0% (0 人)
4. 出現模糊/簡單/重複的理由（如：影響不大、最有效、重複三次）	10% (1 人)	44% (4 人)

學生在教學模組中「論證」部分的表現，會根據作答的內容區分成高分組、中間組與低分組，作答內容的趨勢如表 4-9 所示，並將此作答內容分別對應 2、1、0 之得分。

表 4-9 學生在教學模組中「論證」部分的分類與評分規準

得分	評分說明	作答示例
2	學生能運用成本效益分析（如政策課	

	稅與補償)、系統性思考(如設施改善與再使用流程)、以及長遠永續性觀點(如淨水處理、抗旱井方案)。回答中常包含明確的因果鏈與量化目標(例如減少 30%)、並顯示對「模型」或「原理」的理解。	「推行分區供水管理,每年可減少漏水損失 15%,同時降低維修與能源成本。」 「設置雨水收集系統,供應校園廁所沖洗與澆灌,減少用水依賴,並降低排水系統負荷。」
1	多為具體的政策或技術建議(如更新設備、減壓供水、節水馬桶),但缺乏對其機制或長期影響的深入闡述。	「更換舊的供水管線,減少漏水。」 「使用節水馬桶」
0	回答過於簡短或籠統,幾乎未運用數據或原理進行推演。缺乏邏輯連結與模型構建要素,顯示對「論證」子能力的掌握尚待加強。	「影響較不大」 「兩全其美」

為探討探究能力測驗高分組與低分組學生在「論證」得分上的差異,本研究採用非參數 Mann - Whitney U 檢定進行分析。結果如表四-10 所示,結果顯示,高分組 (n = 10) 的平均數為 1.10 (SD = 0.88), 中位數為 1.00; 低分組 (n = 9) 的平均數為 1.11 (SD = 0.33), 中位數同為 1.00。兩組間差異未達統計顯著 (U = 46.00, p = .963), 效果量 r = 0.02, 屬於小效果, 顯示高分組與低分組在「論證」得分上的表現幾乎相同。

表 4-10 探究能力測驗高分組與低分組學生在「論證」得分之 Mann-Whitney U 檢定結果

組別	n	Mean	SD	中位數	U 值	p 值	r 效果量 (等級)
高分組	10	1.10	0.88	1.00	46.00	0.963	0.02 (小效果)
低分組	9	1.11	0.33	1.00			

(二) 高、低先備探究能力的學生在教學模組後,探究能力進步分數是否有差異?

為探討高、低先備探究能力分組學生在教學模組後各子能力進步分數的差異,本研究採用 Mann - Whitney U 檢定進行分析,並計算 r 效果量。結果如表 4-11 所示,在「發現問題」(U = 17.00, p = .020, r = 0.52, 大效果) 與「整體探究能力」(U = 15.00, p = .016, r = 0.56, 大效果) 兩項中,高分組與低分組之間的進步分數差異達統計顯著,且效果量均達大效果,顯示低分組在這兩項的進步幅度顯著高於高分組。

在「規劃與研究」(p = .065, r = 0.43, 中效果) 與「論證」(p = .063, r = 0.43, 中效果) 兩項中,雖低分組的平均與中位進步分數均高於高分組,效果量屬中效果,但差異未達統計顯著。

表 4-11 先備探究能力高分組與低分組學生於教學模組後各子能力及整體探究能力的進步量

子能力	高分組進步量 平均數 (SD)	高分組 進步量 中位數	低分組進步 量 M (SD)	低分組 進步量 中位數	U 值	p 值	r 效果量 (等級)
發現問題	0.02 (0.11)	0.00	0.29 (0.35)	0.40	17.00	.020*	0.52 (大)
規劃與研 究	-0.08 (0.32)	0.00	0.20 (0.71)	0.40	22.00	.065	0.43 (中)
論證	0.22 (0.24)	0.20	0.42 (0.21)	0.40	22.00	.063	0.43 (中)
整體探究 能力	0.05 (0.14)	0.03	0.31 (0.25)	0.27	15.00	.016*	0.56 (大)

*p < .05

第四節 不同先備態度的學生的表現差異

四、不同先備態度的學生的表現差異

(一) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組中的探究能力表現是否有差異？

1. 發現問題

以 Mann - Whitney U 檢定分析對水資源態度高分組與低分組學生在教學模組中「發現問題」得分的差異，結果如表 4-12，顯示兩組間差異未達統計顯著 ($U=39.00, p=.457, r=0.18$ ，小效果)，顯示在前測態度高低分組的學生於該能力上的表現並無顯著差異。

表 4-12 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在「發現問題」中表現的 Mann - Whitney U 檢定結果

分組別	n	Mean	SD	中位數	U 值	p 值	r 效果量 (等級)
高分組	8	1.25	0.89	1.50	39.00	.457	0.18 (小)
低分組	8	1.00	0.53	1.00			

2. 規劃與研究

以 Mann - Whitney U 檢定分析對水資源態度高分組與低分組學生在教學模組中「規劃與研究」得分的差異，結果如表 4-13，顯示兩組間差異未達統計顯著 ($U=5.50, p=.541, r=0.26$ ，小效果)，顯示在前測態度高低分組的學生於該能力上的表現並無顯著差異。

表 4-13 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在「規劃與研究」中表現的 Mann - Whitney U 檢定結果

分組別	n	Mean	SD	中位數	U 值	p 值	r 效果量 (等級)
高分組	4	0.75	0.96	0.50	5.50	.541	0.26 (小)
低分組	4	1.25	0.96	1.50			

3. 論證以 Mann - Whitney U 檢定分析對水資源態度高分組與低分組學生在教學模組中「論證」得分的差異，結果如表 4-14，顯示兩組間差異未達統計顯著 ($U=32.00, p=1.000, r=0.00$ ，小效果)，顯示在前測態度高低分組的學生於該能力上的表現並無顯著差異。

表 4-14 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在「論證」中表現的 Mann - Whitney U 檢定結果

分組別	n	Mean	SD	中位數	U 值	p 值	r 效果量 (等級)
高分組	8	1.00 (0.76)	0.76	1.00	32.00	1.000	0.00 (小)
低分組	8	1.00 (0.53)	0.53	1.00			

(二) 在前測中對水資源態度高、低分組的學生在教學模組後，探究能力進步是否有差異？

為探討前測對水資源態度高分組與低分組學生在教學模組後各子能力及整體探究能力進步分數的差異，本研究採用 Mann - Whitney U 檢定進行分析，並計算 r 效果量。結果如表 4-15 所示，四項比較中均未達統計顯著水準 ($p > .05$)。在「發現問題」($U=24.0, p=.423, r=0.21$ ，小效果) 及「規劃與研究」($U=20.5, p=.247, r=0.30$ ，中效果) 中，低分組的平均進步分數高於高分組；在「論證」($U=35.5, p=.750, r=0.09$ ，小效果) 中，高分組的平均進步分數略高於低分組；在「整體探究能力」($U=23.0, p=.370, r=0.24$ ，小效果) 中，低分組的平均進步分數高於高分組。整體而言，雖部分子能力顯示低分組進步幅度較高，效果量達中效果，但兩組間差異均未達統計顯著。

表 4-15 態度高、低分組學生在各子能力與整體探究能力進步分數的 Mann - Whitney U 檢定結果

子能力	高分組 平均數 (SD)	高分組 中位數	低分組 平均數 (SD)	低分組 中位數	<i>U</i> 值	<i>p</i> 值	<i>r</i> 效果量 (等級)
發現問題	0.00 (0.34)	0.10	0.20 (0.32)	0.10	24.0	.423	0.21 (小)
規劃與研究	-0.05 (0.42)	-0.10	0.25 (0.50)	0.20	20.5	.247	0.30 (中)
論證	0.28 (0.28)	0.30	0.23 (0.17)	0.20	35.5	.750	0.09 (小)
整體探究能力	0.08 (0.26)	0.00	0.22 (0.23)	0.24	23.0	.370	0.24 (小)



第五章 討論與建議

本章旨在根據前述量化分析結果，進行深入的詮釋與討論，並與相關文獻交互參照，以彰顯本研究之學術價值。本章則根據研究發現與限制，分別對教學實務與未來研究提出具體建議。

第一節 研究發現

本研究旨在探討以社會科學議題導向學習 (Socio-Scientific Issue-Based Learning, SSIBL) 模式所設計之水資源教學模組，對於高中學生在探究能力與水資源態度上之學習成效。研究資料經由前後測統計分析，歸納出以下三項主要研究發現：

一、學生之整體探究能力於教學模組後獲顯著提升，尤以「論證」子能力最為突出。

統計結果顯示，學生參與本教學模組後，其整體探究能力之後測平均分數 ($M = 1.03, SD = 0.34$) 顯著高於前測 ($M = 0.91, SD = 0.40; t = 2.55, p = .019$)，且根據 Cohen (1988) 的建議，效果量 $Cohen' s d = 0.52$ ，屬於中等效果量，表示學生整體探究能力有明顯提升。在三項探究子能力中，以「論證」能力的進步最為顯著，後測平均分數 ($M = 0.99, SD = 0.41$) 顯著高於前測 ($M = 0.72, SD = 0.44; t = 5.13, p < .001$)，且效果量 $Cohen' s d = 1.05$ ，屬於大效果量，顯示學生在論證能力方面有顯著進步。「發現問題」與「規劃與研究」兩項子能力雖呈現正向成長，但前後測差異未達統計顯著 ($p > .05$)，且效果量 ($Cohen' s d$ 分別為 0.18 和 0.08) 皆屬小效果量，顯示進步幅度有限。

二、先備探究能力較低的學生，於接受教學模組後展現出更大幅度的進步。

本研究依據探究能力測驗之前測分數將學生分為高、低分組後進行比較，發現低分組學生在整體探究能力 ($U = 15.00, p = .016, r = 0.56$)，以及「發現問題」子能力 ($U = 17.00, p = .020, r = 0.52$) 的進步幅度，均顯著優於高分組。根據 Cohen (1988) 的標準，此 r 效果量均達大效果，顯示本教學模組的教學設計對於學習起點較低的學生具有顯著的學習增益效果。在「規劃與研究」和「論證」兩項子能力上，低分組的平均進步分數雖然高於高分組，效果量也達到中等 ($r = 0.43$)，但差異未達統計顯著。

三、學生之整體水資源態度於教學模組後有所提升，特別是「對水資源的關懷、了解與責任」

與「對水資源利用的態度」層面。

課程介入後，學生在「對水資源的關懷、了解與責任」此構面從前測 ($M=3.74, SD=0.48$) 至後測 ($M=3.95, SD=0.49$) 有顯著提升， $t(23)=3.32, p=.003, \text{Cohen's } d=0.68$ ，屬中等效果。在「對水資源利用態度」的構面上亦顯著提升，從 $M=4.14 (SD=0.50)$ 增至 $M=4.45 (SD=0.49)$ ， $t(23)=4.55, p<.001, \text{Cohen's } d=0.93$ ，屬大效果。整體態度分數亦顯著增加，從 $M=4.08 (SD=0.41)$ 至 $M=4.27 (SD=0.42)$ ， $t(23)=3.69, p=.001, d=0.75$ ，屬中等偏大效果。然而，「對水資源保育態度」此構面之變化不顯著 ($t(23)=0.76, p=.453, d=0.16$)，效果量屬於小效果。這說明教學模組在影響學生態度時存在構面上的差異性。



第二節 綜合討論

本節針對上述研究發現，援引相關學術理論與實證研究等相關文獻，進行更深入的討論。

一、SSIBL 教學模組有效促進學生高層次探究能力之發展

本研究最顯著的發現，是學生在「論證」能力上的大幅成長。此結果與 SSIBL 的核心理念相呼應。Sadler 與 Zeidler（2005）指出，SSIBL 的精髓在於引導學生處理結構不良、具爭議性且無單一正解的社會科學議題。在面對水資源分配、用水公平與政策選擇等具社會爭議性的主題時，學生必須主動蒐集多方資料、評估證據的可靠性、形成自身的觀點，並透過科學化的論證來支持其主張。本研究所設計的水資源議題教學模組，透過「提問 (Ask)」、「探究 (Find out)」、「行動 (Act)」三個核心步驟，為學生提供了此類高層次認知練習的機會。例如，在「探究」階段，學生需要進行資料分析、判斷水情紅綠燈標準，並針對各行業的水資源策略進行論證。這些活動促使學生不只是單純的知識記憶，進而能夠實踐批判性思考與公民思辨素養（Fowler, Zeidler, & Sadler, 2009）。例如，在「水情紅綠燈共同決策」和「限水順序協商」等環節中，學生需在有限資訊下，考量多元利害關係人的立場與價值，進行集體討論與協商，這培養了他們的論證能力。張文馨、吳建源與許瑛珺（2025）的研究也指出，SSIBL 課程能顯著提升學生的整體探究能力，其中包含「論證與建模」子能力。此外，先前的研究也透過共詞分析指出，「論證」與「決策」、「科學素養」及「知識」等關鍵詞在 SSI 研究中頻繁共現，顯示其緊密關係，這進一步支持了本研究的發現（Tang, Lin, & Hsu, 2023）。

二、適度的鷹架支持是激發低先備學生學習潛能之關鍵

本研究發現，先備探究能力較低的學生，其進步幅度反而更為顯著，此結果彰顯了教學模組中所提供之鷹架（Scaffolding）的重要性。根據 Vygotsky（1978）的近側發展區（Zone of Proximal Development, ZPD）理論，透過教師或能力較佳同儕的協助，學習者可以完成其獨立無法達成的任務。本教學模組中的合作學習機制、引導式提問以及探究情境，皆可視為有效的鷹架策略。這些策略為低先備知能的學生提供了可遵循的探究路徑與心理上的安全感，可能使其更勇於嘗試與投入問題解決，從而激發其學習動能（Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007）。張文馨、吳建源與許瑛珺（2025）的另一項研究也證實，SSIBL 課程對低先備能力學生的探究能力提升效果更為顯著，尤其在「規劃與研究」和「論證與建模」方面。這項研究推測，異質

分組的協作學習使得高先備能力的學生能夠為低先備能力的學生提供適性的引導，彌補了固定鷹架在即時的學習調整方面的不足，從而促進了後者的學習進步。此發現說明，一個精心設計的探究式學習環境，能夠有效弭平部分因先備知能差異所造成的學習落差。

三、教學模組對態度的影響具層面差異性，凸顯生活連結與價值澄清之重要

學生在「對水資源的關懷、了解與責任」與「水資源利用」態度上的顯著提升，可能歸因於教學模組內容與其生活經驗的高度連結。水資源議題在臺灣日常生活中頻繁出現，如限水措施和水污染問題，使得學生能夠直接感受到其與個人生活的相關性。當議題與個人生活有關時，較容易引發學生的情意投入（Kollmuss & Agyeman, 2002）。例如，教學模組首先引導學生回憶自身限水經驗，並探討限水原因，這種貼近生活的設計有助於建立情感連結。然而，「水資源保育」方面的態度並未顯著提升，此現象可能反映了環境教育中常見的「知行差距」。學生可能在知識層面理解保育的重要性，但在轉化為個人堅定的保育意向時，若缺乏足夠的價值澄清與具體行動方案的思考，其態度的改變便相對有限（Kollmuss & Agyeman, 2002）。本教學模組雖然在最後階段鼓勵學生提出校園中的水資源策略並分享，但由於時間限制，可能未能充分引導學生從單純的「理解」提升到「承諾」並實際「參與」更深層次的保育行動，如參與社區水資源管理或倡議政策改變。未來教學模組或可強化此部分，例如安排更多關於個人生活節水行動的反思與承諾活動，以深化其保育態度。

四、教學模組設計在探究能力成長中的潛在角色

本研究的結果顯示，學生的先備水資源態度高低，與其探究能力的進步幅度之間並未呈現統計上的顯著關聯。此發現初步，顯示在 SSIBL 教學模組中，教學模組本身的設計和學習歷程的參與度，相較於學生原有的環境態度傾向，可能在探究能力的成長中扮演更為關鍵的角色。換言之，一個結構完善、提供充足支持系統的 SSIBL 教學模組，或許能夠讓不同初始態度的學生都有機會投入高層次認知的科學探究活動中。這也可能指出，探究能力的培養似乎更應側重於教學法的精心設計與實踐，而學生對特定議題的先備態度的相關性可能不如教學設計來得直接。這對教育實務而言是一個值得進一步探討的初步啟示：教師或許無需過度擔憂學生對特定議題的初始態度，因為精心設計的 SSIBL 課程可能有助於引導學生發展關鍵探究技能。然而，鑑於本研究採用單組前後測設計，且參與人數有限（24 位學生），其量化結果在推論上仍

存在一定的限制，未來研究可進一步擴大樣本數或採用對照組設計以進行更全面的驗證。

五、SSIBL 教學模式的獨特性與科學素養的深化

SSIBL 作為一種新興的教學模式，其獨特性體現在它不僅結合了科學探究和社會性科學議題，更融入了「公民行動」的核心精神。這使得 SSIBL 與傳統的問題本位學習（PBL）或專題本位學習（PjBL）有所區隔。雖然 PBL 和 PjBL 也強調從真實問題出發，引導學生進行探究並解決問題，但 SSIBL 更進一步強調「負責任的研究與創新」（responsible research and innovation, RRI）。這意味著學生在整個學習過程中，不僅要解決科學問題，更要察覺並理解任何科學活動與成果對社會、經濟、環境、倫理道德及永續性可能造成的影響，並將其融入決策考量之中（Amos & Levinson, 2019; Levinson, 2018）。

這種強調社會與倫理面向的整合，使得 SSIBL 能夠有效地深化學生的科學素養，尤其是 Roberts 與 Bybee (2014) 所提出的「願景二」科學素養。願景二強調應用知識於真實生活的能力，以及理解科學如何與個人和社會問題連結的重要性，並提倡在面對社會科學困境時的批判性思維、知情決策和負責任的公民意識。本研究的 SSIBL 課程設計，正是透過引導學生探討水資源分配、限水決策等涉及多方利益的爭議性議題，促使他們進行價值判斷與權衡，最終提出具體的行動方案。這種教學方式有助於培養學生將科學知識轉化為具體的公民行動，進而提升其社會政治參與（Bencze et al., 2012; Mang et al., 2021）。因此，SSIBL 不僅是科學知識的傳遞，更是公民素養和高階思考技能的培養機會（Antonio & Prudente, 2023）。

第三節 檢討與建議

本研究為 SSIBL 教學模組的效果提供了證據，但仍存在一些局限性。基於這些局限性與研究發現，研究者提出以下建議。

一、研究的局限性

本研究採用單組前後測設計，雖然能初步檢視教學成效，但缺乏對照組則無法確定學生的改變是否真的來自於 SSIBL 教學介入，抑或僅是其他因素（例如學生隨年齡成熟的自然成長）的影響。未來研究可考慮納入對照組或採用準實驗設計中的不等組前後測設計，以更嚴謹地釐清教學介入的因果關係。另外，本研究僅基於短期的教學模組實施（一日密集型課程）和前後測評估，未能探討學生在長期學習過程中的變化，也無法詮釋或探討探究能力與態度改變的動態發展歷程。探究能力與態度的發展是一個複雜且動態的過程，需要長時間的培養與觀察。未來研究可考慮長期追蹤學生的學習成果，以更全面地評估 SSIBL 教學模組對學生學習的持久影響。

況且本研究僅針對北部某市立高中之 24 位學生進行實施，樣本數量有限且來自單一學校，未能探討不同學校或地區學生群體的差異。這限制了研究結果的普遍性。未來研究可擴展至更多學校和不同背景的學生群體，以提高結果的代表性與推論性。

最後，本研究採用紙筆測驗方式評估探究能力，儘管在施測程序和資料回收方面具備便利性，但探究能力本身具有一定複雜性，可能無法完全透過此方式加以呈現與評估。例如，實作評量、檔案評量或情境式評量能更真實地反映學生在解決實際問題時的探究能力表現。近年來，結合人工智慧技術來自動診斷學生在 SSIBL 課程中的探究能力已是可能 (Zhang, Lin & Hsu, 2024)。未來研究可考慮結合多元評量工具，例如加入更多分析學生在數位學習平台上的學習軌跡、小組討論錄音或實作表現，以更全面地評估學生的探究能力。

二、對教學模組設計的建議

根據本研究結果，建議未來的 SSIBL 教學模組設計應更加注重學生的個別差異，特別是在探究能力上的差異。針對高先備探究能力學生：本研究發現高先備探究能力學生在課程後的進步幅度相對有限，這可能受到天花板效應 (ceiling effect) 的影響。這類學生可能在前測時已接近滿分，教材提供的挑戰性不足以進一步激發他們的潛能 (Kirschner et al., 2006)。建議未

來設計更具挑戰性的開放式問題或任務，例如提供更複雜的資料集供其分析、引入多重權衡的決策情境、或要求他們自主設計並執行更深入的探究。同時，可以引入更多元且高階的論證模式，例如要求他們從多個科學模型或倫理框架中進行選擇與辯護，以促進其批判性思維的深度發展 (Kim et al., 2018; Sotiriou et al., 2020)。對於低先備探究能力的學生，雖然本研究已顯示 SSIBL 對低先備學生有顯著成效，但仍可提供更多的支持與引導，如提供更多與議題相關證據的推理示範與其所提出行動方案的可行性評估等。建議可採用「動態鷹架」設計，即鷹架系統能夠根據學生的即時學習表現或需求進行調整 (van de Pol et al., 2010)。例如，當學生在「發現問題」階段遇到困難時，系統能自動提供更多引導性問題或範例；在「規劃與研究」時，可提供更細緻的步驟指引或資料分析工具。這將有助於確保所有學生都能在適當的支持下取得進步，特別是在複雜的探究任務中 (Santangelo & Tomlinson, 2012)。此外，教學模組內容應持續保持與真實社會問題的緊密聯繫，並鼓勵學生積極參與討論和採取行動，從而更好地激發學生的學習動機和社會責任感。強化「對水資源保育態度」的提升，可以考慮增加實際行動的機會，例如參與校園或社區的節水倡議活動，或是設計與推動具體的環保專案。這有助於將概念理解轉化為實際行動意願，縮小「知行差距」(Ajzen, 1991)。

三、未來研究的方向

本研究僅探討了 SSIBL 教學模組對高中生的影響，未來的研究可擴展到其他年齡層的學生群體，並進一步探討 SSIBL 教學模組在不同學科領域的應用效果，這有助於驗證 SSIBL 模式的普適性與跨學科應用潛力。此外，未來研究還可探索如何將 SSIBL 教學模組與其他教學方法或學科結合，進一步提高學習成效。

(一) 結合人工智慧 (AI) 技術：考慮到學生的學習需求和能力程度各不相同，研究可以著墨於如何結合 AI 技術，提供個別化教學。AI 可以即時診斷學生的認知狀態並提供動態和靈活的鷹架，這對於促進學生的自主學習非常重要 (Zhang, Lin & Hsu, 2024; Käser & Schwartz, 2020)。例如，可以發展 AI 自動評分與回饋系統 (Dilkli, 2006)，根據學生的回答自動分析其探究能力，並給予即時、個性化的回饋。

(二) 深化協作學習機制：本研究發現教學模組對低先備能力學生的進步有顯著幫助，但對於高先備學生可能存在限制。未來研究可以嘗試異質分組，並將學生在協作學習中的互動交流進行深入的內容分析，藉此釐清高先備能力學生的探究能力發展受限的具體因素。例如，探討高能力學生是否缺乏挑戰、未能充分發揮領導作用，或低能力學生是否過度依賴等。這有助於優

化分組策略與協作任務設計，確保所有學生都能從中受益。

（三）行為改變與態度深化：針對「水資源保育態度」未能顯著提升的發現，未來研究可設計更長期的介入措施，融入更多鼓勵實際行動和公共參與的元素。例如，要求學生設計並執行小型社區水資源保護計畫，或參與地方政府相關政策的討論會。同時，可利用質性研究方法（如深度訪談、觀察紀錄）深入探討學生態度轉變的內在機制，了解價值澄清與情意投入在不同層面態度形成中的作用。

綜合上述，SSIBL 教學模式在培養學生探究能力和提升水資源態度方面展現了巨大潛力。未來的研究應在方法學上更趨嚴謹，並持續探索技術與教學策略的創新，以提供更為堅實的實證基礎與理論貢獻。



參考文獻

- 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. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Amos, R., & Levinson, R. (2019). Socio-scientific inquiry-based learning: An approach for engaging with the 2030 Sustainable Development Goals through school science. *International Journal of Development Education and Global Learning*, 11(1), 29–49. <https://doi.org/10.18546/IJDEGL.11.1.03>
- Amos, R., Knippels, M. C., & Levinson, R. (2020). Socio-scientific inquiry-based learning: Possibilities and challenges for teacher education. In *Science teacher education for responsible citizenship: Towards a pedagogy for relevance through socioscientific issues* (pp. 41–61). (Monograph/Book chapter). <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00133-3>
- Amos, R. I. J., & Levinson, R. (2019). Socio-scientific inquiry-based learning: An approach for engaging with the 2030 sustainable development goals through school science. *International Journal of Development Education and Global Learning*, 11(1), 29–49. <https://doi.org/10.18546/ijdegl.11.1.03>
- Amos, R., & Christodoulou, A. (2018). Really working scientifically: strategies for engaging students with socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL). *The School Science Review*, 100(371), 59–65. <https://eric.ed.gov/?q=inquiry+based+learning&pg=3&id=EJ1248987>
- Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2023). Effects of inquiry-based approaches on students' higher-order thinking skills in science: A meta-analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 251–281. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3216>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Baierl, T. M., Johnson, B. L., & Bogner, F. X. (2022). Informal earth education: Significant shifts for environmental attitude and knowledge. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 819899. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.819899>
- Bencze, L., Sperling, E., & Carter, L. (2012). Students' research-informed socio-scientific activism: Re/visions for a sustainable future. *Research in Science Education*, 42(1), 129–148.
- Chang, C. Y., & Mao, S. L. (1999). Comparison of Taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction. *The Journal of Educational Research*, 92(6), 340–346. <https://doi.org/10.1080/00220679909597617>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-10517-X>
- Dilkli, S. (2006). An overview of automated scoring of essays. *The Journal of Technology, Learning and Assessment*, 5(1), 5–35.
- Fang, S.-C., Hsu, Y.-S., & Lin, S.-S. (2019). Conceptualizing socioscientific decision making from a review of research in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(3), 427–448. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9890-2>
- Fowler, S. R., Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2009). Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school science students. *International Journal of Science Education*, 31(2), 279–296.
- Gupta, M., Samrutwar, A. M., Rahandale, A. M., & Edlabadkar, A. A. (2024). The influence of environmental education on college students' behavioural attitudes towards sustainability. *Journal of Learning and Educational Policy*, 46, 48–58. <https://doi.org/10.55529/jlep.46.48.58>
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260.

- Mang, H. M. A., Chu, H. E., Martin, S. N., & Kim, C. J. (2021). An SSI-based STEAM approach to developing science programs. *Asia-Pacific Science Education*, 7(2), 549-585.
- National Research Council, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, Board on Science Education, & Committee on a Conceptual Framework for New K–12 Science Education Standards. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council, Center for Science, Mathematics, Engineering Education, & Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academies Press.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Hsu, Y.-S., Chang, H.-Y., Fang, S.-C., & Wu, H.-K. (2015). Developing technology-infused inquiry learning modules to promote science learning in Taiwan. In *Science Education in East Asia: Pedagogical Innovations and Research-informed Practices* (pp. 373–403).
- Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8–21.
- Käser, T., & Schwartz, D. L. (2020). Modeling and analyzing inquiry strategies in open-ended learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(3), 504–535. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00199-y>
- Kim, N. J., Belland, B. R., & Axelrod, D. (2018). Scaffolding for optimal challenge in K-12 problem-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 13(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1712>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Krajcik, J., McNeill, K. L., & Reiser, B. J. (2008). Learning-goals-driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project-based pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1–32.
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners’ understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83.
- Levinson, R. (2018). Introducing socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL). *School Science Review*, 100(371), 31–35.
- Liang, S. W., Fang, W. T., Yeh, S. C., Liu, S. Y., Tsai, H. M., Chou, J. Y., & Ng, E. (2018). A nationwide survey evaluating the environmental literacy of undergraduate students in Taiwan. *Sustainability*, 10(6), 1730. <https://doi.org/10.3390/SU10061730>
- N, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R. (2001). The nature of assessment and reasoning from evidence. In *Knowing what students know: The science and design of educational assessment* (pp. 37–54).
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Rauch, F., & Radmann, D. (2020). *How Socio-Scientific Inquiry Based Learning (SSIBL) Promotes*

Inquiry in Climate Issues – an Example for Enacting Socio-Scientific Issues in Science Education. <https://doi.org/10.51724/arise.35>

- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 545-558). Routledge.
- Rundgren, C.-J., Eriksson, M., & Rundgren, S.-N. C. (2016). Investigating the intertwining of knowledge, value, and experience of upper secondary students' argumentation concerning socioscientific issues. *Science & Education, 25*, 1049–1071.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education, 37*, 371–391.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(1), 112–138.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 632–654.
- Sotiriou, S. A., Lazoudis, A., & Bogner, F. X. (2020). Inquiry-based learning and e-learning: How to serve high and low achievers. *Smart Learning Environments, 7*(1), Article 29. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00130-x>
- Ayala, C. C., Brandon, P. R., Furtak, E. M., Ruiz-Primo, M. A., Tomita, M. K., & Yin, Y. (2008). On the impact of curriculum-embedded formative assessment on learning: A collaboration between curriculum and assessment developers. *Applied Measurement in Education, 21*(4), 295–314. <https://doi.org/10.1080/08957340802347647>
- Santangelo, T., & Tomlinson, C. A. (2012). Teacher educators' perceptions and use of differentiated instruction practices: An exploratory investigation. *Action in Teacher Education, 34*(4), 309–327. <https://doi.org/10.1080/01626620.2012.717032>
- Singer, J., Marx, R. W., Krajcik, J., & Chambers, J. C. (2000). Constructing extended inquiry projects: Curriculum materials for science education reform. *Educational Psychologist, 35*(3), 165–178.
- Tang, K. Y., Lin, T. C., & Hsu, Y. S. (2023). Status and trends of socioscientific issues in educational literature: insights and extensions from a co-word analysis. *International Journal of Science Education, 46*(11), 1073–1097. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2272603>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO.
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review, 22*(3), 271–296. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard University Press.
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2023). Exploring and expanding the frontiers of socioscientific issues. In *Handbook of Research on Science Education* (pp. 899–929). Routledge.
- Zhang, W.-X., & Hsu, Y.-S. (2025). Professional development for socioscientific issue teaching: Exploring the discourse of in-service teachers in community activities through epistemic network analysis. *Research in Science Education*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10237-1>
- Zhang, W. X., Lin, J. J. H., & Hsu, Y. S. (2024). AI-assisted assessment of inquiry skills in socioscientific issue contexts. *Journal of Computer Assisted Learning, 41*(1). <https://doi.org/10.1111/jcal.13102>
- 蔡雅美 (2013)。多媒體教學對國小高年級生水資源議題學習成效之影響 (碩士論文)。康寧大學。臺灣博碩士論文知識加值系統。 <https://hdl.handle.net/11296/bu5chw>

- 巫淑梅 (2004)。 *國小水資源保育教學活動之實施及其成效評鑑研究* (碩士論文, 未出版)。國立臺中師範學院環境教育學系。
- 王毓懋 (2012)。 *永續水資源教學對國小學童「水資源」認知與用水行為影響之研究—以彰化縣大興國小為例* (碩士論文)。大葉大學。臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://hdl.handle.net/11296/cv2a75>
- 吳建源 (2023)。 *探討高中生於探究導向的社會性科學議題學習中 (SSIBL) 之探究能力表現—以「減碳」議題為例* (碩士論文)。國立臺灣師範大學科學教育研究所。
- 張文馨、吳建源、許瑛珺 (2025)。探討高中生在探究取向的社會性科學議題學習中之探究表現。 *Journal of Textbook Research*, 18(1)。
- 吳心楷、許瑛珺、黃福坤與任宗浩 (2014)。科學探究能力的數位評量：以模擬為導向的線上系統—總計畫之研發 (計畫報告)。行政院國家科學委員會。
- 吳貞儀、許瑛珺、張文馨、方素琦 (2017)。社會性科學議題線上教學模組對高中生多元面向決策的影響。 *數位學習科技期刊*, 9(3), 69-94。
<https://doi.org/10.3966/2071260X2017070903004>
- 張淑娟 (2002)。 *國小學童「生活用水」知識、態度與使用現況之研究* (碩士論文)。臺中師範學院。臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://hdl.handle.net/11296/2aw6pe>
- 趙彥凱 (2019)。 *初探科學桌上遊戲角色扮演對於學習成效的影響—以水資源調適議題為例* (碩士論文)。國立臺灣師範大學科學教育研究所。
- 賴俊佑 (2009)。 *國中生水資源環境的知識、保育態度及具體行動之現況調查—以南投縣某國中為例* (碩士論文)。國立中興大學。臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://hdl.handle.net/11296/3v68e3>
- 黃月美 (2012a)。 *國中生水資源環境素養學習成效之探討—以新北市新莊區國中為例* (碩士論文)。國立臺北大學自然資源與環境管理研究所。
- 李永展 (1995)。 *環境態度與環保行為：理論與實證* (第 4 卷)。胡氏圖書。
- 李燕玲 (2017)。 *問題導向學習法實施國小水資源教育：融入「水溶液」單元以探討學童之認知、態度與行為* (碩士在職專班論文)。國立臺北教育大學自然科學教育學系。
- 汪靜明 (1996)。臺灣中部區域環境教育課題及推動政策。 *環境教育季刊*。
- 汪靜明 (2000)。水資源環境教育的理念。 *水資源管理季刊*。
- 周少凱、許舒婷 (2010)。大學生環境認知、環境態度與環境行為之研究。 *嶺東學報*, 27, 85-113。
- 莊英慧、熊召弟、耿筱曾與甘漢銑 (2007)。台北縣國小六年級學童水的知識理解、水資源保育態度與行為之相關研究。 *環境教育學刊*。
- 莊英慧 (2007)。 *台北縣國小六年級學童水的知識理解、水資源保育態度與行為之相關研究* (碩士論文)。國立臺北教育大學。臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://hdl.handle.net/11296/7cu4z8>
- 教育部 (2018)。國民中小學暨普通型高級中等學校十二年國民基本教育課程綱要自然科學領域。臺北市：教育部。
- 孫玲瑛 (2009)。 *都會區國小高年級學童節水行為影響因素之研究—以台中縣某國小為例* (碩士論文)。立德大學。臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://hdl.handle.net/11296/7mh445>
- 施妙如 (2012)。 *環保影片應用於國民小學環境教育之成效—以彰化縣新水國小五年級為例* (碩士論文)。國立彰化師範大學。臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://hdl.handle.net/11296/66wt58>
- 楊偉甫 (2010)。 *台灣地區水資源利用現況與未來發展問題*。發表於台灣水環境再生協會主

辦之「用水合理化與新生水水源開發論壇」。

何穗青 (2012)。國小學生實施水資源環境教育之學習成效—以嘉義縣大林國小為例 (碩士論文)。南華大學。臺灣博碩士論文知識加值系統。<https://hdl.handle.net/11296/39xmvs>



附錄



2.4 請上網蒐集相關資料後，具體提出可能造成限水的原因：


原因一	
原因二	
原因三	
原因四	

如何佐證這些限水原因？

原因一 因為降雨量不足，所以限水

先講限水：

平常的水源供給來源是？（水庫）
供應那些限水地區用水的水庫有哪些？
水庫什麼時候水開始不夠的？（蓄水量資料）
蓄水量會受什麼影響？（降雨量）



如何佐證這些限水原因？

原因一 因為降雨量不足，所以限水

再來看降雨量：

降雨量是指哪些空間的降雨量？（集水區雨量）
要看哪些時間的集水區雨量？
只看一年可以知道雨量不足嗎？
有沒有除了集水區雨量之外的原因會影響蓄水量？

資料庫介紹

- 天下文化即時水情
- 經濟部水利署 水庫水情
- 水文資訊整合系統
- 經濟部水利署中區水資源局
- 集水區降雨量統計
- TCCIP

天下文化即時水情

項目	雨量
時間尺度	月資料
空間尺度	每一水庫集水區

經濟部水利署 水庫水情

項目	有效蓄水量
時間尺度	無
空間尺度	每一水庫

項目	本日集水區累積降雨量、進流量、水位、滿水位、有效蓄水量、蓄水百分比、水庫出流量
時間尺度	日資料
空間尺度	每一水庫

水文資訊整合系統

項目	雨量、水位、流量、地下水、河川大斷面、含砂量
時間尺度	月資料
空間尺度	每行政區、流域、管理單位、測站

經濟部水利署中區水資源局

項目	水庫水位(m)、有效蓄水量(萬噸)
時間尺度	日資料
空間尺度	每水庫

集水區降雨量統計

項目	降雨量
時間尺度	時資料 日資料 月資料 年資料
空間尺度	每雨量站

TCCIP

項目	降雨量
時間尺度	月資料 季資料 年資料
空間尺度	每測站

項目	颱風數量
時間尺度	年資料
空間尺度	台灣、西太平洋

附錄二 提供學生之報告大綱內容



原因三：(此處請寫上原因)

證據

原因五：(此處請寫上原因)

如何佐證？

原因三：(此處請寫上原因)

關於此原因的結論

原因五：(此處請寫上原因)

引用的資料庫

時間尺度： 空間尺度：

原因四：(此處請寫上原因)

如何佐證？

原因五：(此處請寫上原因)

證據

原因四：(此處請寫上原因)

引用的資料庫

時間尺度： 空間尺度：

原因五：(此處請寫上原因)

關於此原因的結論

原因四：(此處請寫上原因)

證據

綜合以上五個原因的探究，我們的總結論是：

總結論

原因四：(此處請寫上原因)

關於此原因的結論


探究能力試題

各位同學好：

本測驗為「探究能力測驗」，目的為評估高中生的探究能力表現。

本測驗結果僅供研究使用，請放心作答！

請在 Google 表單上作答！



試題說明

1. 本測驗包含 13 個主題，共 **30** 小題。
2. 每題目皆有提示為「**單選**」或「**複選**」，遇「**填空題**」時，請在說明時盡量描述清楚。
3. 此測驗結果無關係任何成績，請依照自己的判斷作答即可。
4. 作答時間：50 分鐘。

班級：_____

座號：_____

姓名：_____

※主題一 下沉快慢【試回答第 1 題】

1. 小君認為：「物體下沉速度應該與液體黏稠的程度有關」。因此，她應該要選擇哪些液體進行實驗補做，來驗證自己的看法？（複選，如有 2 種或以上答案，擇 1 種即可）

編號	(1A)	(1B)	(1C)	(1D)	(1E)	(1F)	(1G)	(1H)
液體種類	海水	純醋酸	植物油	牛奶	酒精	水 (4°C)	氨水	蓖麻油
密度(公克/立方公分)	1.030	1.049	0.930	1.049	0.790	1.000	0.930	0.980
黏稠程度	小	大	大	小	小	小	小	大

- 1.1 承第 1 題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）

※主題二 金屬加熱【試回答第 2 題】

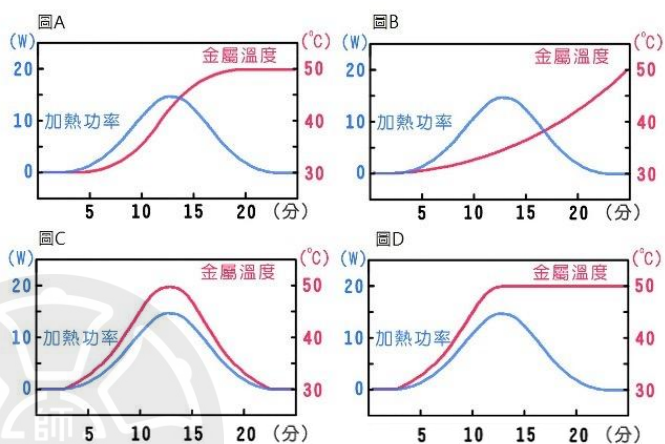
利用加熱器加熱一塊金屬，觀察加熱功率、金屬散熱功率（單位時間金屬散失的熱量）與金屬溫度隨時間的變化關係。

2. 使用加熱器對金屬加熱一段時間。

根據下列假設，下列哪張圖最可能是加熱功率與金屬溫度隨時間的變化趨勢圖？

化趨勢圖？

(單選)



以下有三個假設：

假設一：加熱器提供的熱量，有一定比率被金屬吸收；

假設二：金屬所吸收的熱量愈多，溫度愈高；

假設三：金屬完全不會散熱。

(2A) 圖 A。

(2B) 圖 B。

(2C) 圖 C。

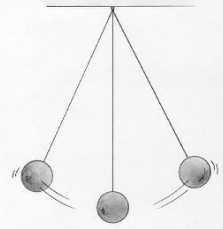
(2D) 圖 D。

2.1 承第 2 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

※主題三 單擺【試回答第 3 題】

實驗方法以均勻細繩懸掛鐵球（擺錘）於天花板下，將鐵球側拉一段距離後釋放，記錄鐵球來回擺動一次所花的時間（即擺動週期）。（圖片

來源：<https://reurl.cc/EpYpVA>）



3. 現有四項實驗器材：

- (1) 材質相同但長度不同的五條細繩（分別為 20、40、60、80、100 公分）；
- (2) 碼表一個；
- (3) 體積相同但質量不同的五個鐵球（分別為 20、40、60、80、100 公克）；
- (4) 30 公分直尺一支。

依據上述實驗器材與實驗設計，可以探討何種科學問題？（複選）

- (3A) 擺動週期與擺錘材質的關係為何？
- (3B) 擺動週期與鐵球運動時速度的關係為何？
- (3C) 擺動週期與鐵球質量的關係為何？
- (3D) 擺動週期與鐵球釋放高度的關係為何？

3.1 承第 3 題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）

※主題四 福隆沙灘【試回答第 4 題】

請觀看下方關於「鹽寮及福隆地區沙灘流失事件」的圖片：

1	2
<p>新聞報導：有民眾指出，自從核四碼頭興建後，這個位在核四南側的鹽寮沙灘，就開始出現面積大幅縮減的現象。原本的沙灘，因為沙源流失而留下亂石遍布。原本平緩的坡度，現在卻變成傾斜的沙坡，產生將近50公分的落差。民眾認為，如果政府再不想辦法，未來這片美麗的沙灘將會消失。</p> 	<p>台電的核四重件碼頭於民國88年開始建造，92年堤防興建完成。經由歷年衛星及航空照片的監測，位於碼頭南側的沙灘，海岸濱線變化確實年年不同。對比民國87年的濱線，之後的濱線確實有後退的現象。</p> 
3	4
<p>造成濱線後退，沙灘流失的原因，當地居民及台電工程師的看法分歧。</p> 	<p>當地居民認為 應是碼頭興建，阻經沿岸流輸沙，使沙在上游側海岸堆積，而下游側海岸侵蝕。</p> <p>台電工程師認為 應是雙溪河道整治使沙源減少，加上歷年颱風侵襲使波浪侵蝕力加大所致。</p> 

4. 依據圖片所提供的資料，若想探討鹽寮及福隆的沙灘流失現象，下列哪個問題可以透過科學調查得到答案？（單選）

(4A) 碼頭的興建是否會造成海流方向的改變？



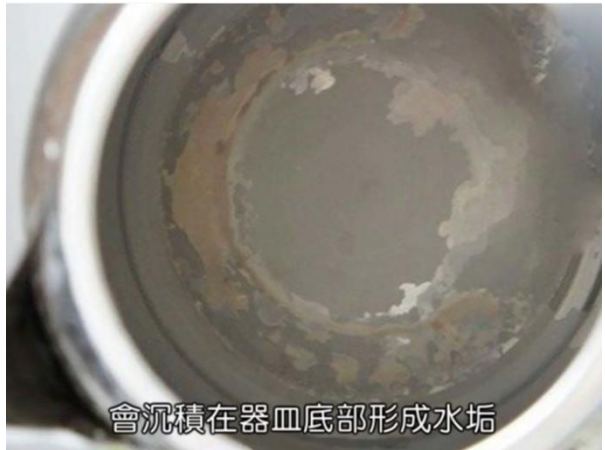
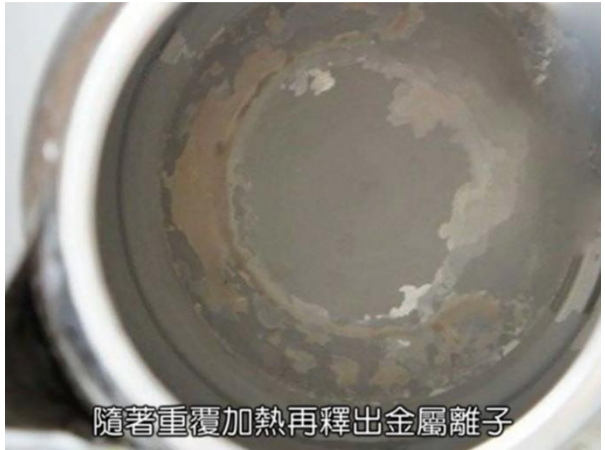
(4B) 歷年颱風侵襲次數與沙灘流失現象的關係為何？

(4C) 全球氣候變遷與河流攜沙量減少的關係為何？

4.1 承第 4 題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）

※主題五 千滾水【試回答第 5 題】

請觀看以下有關「千滾水」的圖片。

1	2
<p>一般辦公室與生活中所使用的飲水機，水溫下降便會自動加熱（再煮沸），直到水煮沸。</p>  <p>水溫下降便會自動加熱</p>	<p>有媒體踢爆，在加熱的過程中，水裡的鈣及鎂等金屬離子含量提高，長期飲用可能會導致腹瀉、腹脹、頭暈、胸悶及噁心等徵狀。</p>  <p>水裏的鈣及鎂等金屬離子含量提高</p>
3	4
<p>專家直指問題元兇來自水垢，水中鈣及鎂等金屬化合物，會沈積在器皿底部形成水垢。</p>  <p>會沉積在器皿底部形成水垢</p>	<p>隨著重複加熱再釋出金屬離子，因此民眾在使用時，需注意水垢沉積的狀況。</p>  <p>隨著重覆加熱再釋出金屬離子</p>

5. 圖片中提到「水中鈣及鎂等金屬化合物會沉積在器皿底部形成水垢後，隨著重複加熱再釋出金屬離子」。下表列出幾種可以檢驗水體中金屬離子含量的方法。若要檢驗家裡飲用水的鈣離子、鎂離子含量是否過高，請選擇出最適合的檢測方法。(單選)

檢驗種類	適用水體	可被檢驗的金屬離子	測量範圍 (毫克/公升)	相對誤差百分比 (%)
檢驗法 A	飲用水、 地下水及廢(污)水	鋇、鎘、鉻、鐵及鉛	0.0001~0.002	4~12%
檢驗法 B	飲用水、 地下水及家庭污水	鈣、鉍、鎂、鋇及鋇	10~250	4~15%
檢驗法 C	流放水、 地下水及廢(污)水	鎂、鐵、鈣、鋇及銅	0.1~0.001	0.6~11%
檢驗法 D	飲用水、 地下水及廢(污)水	銅、鋅、鎂、鐵及鈣	0.030~0.001	1~11%

(5A) 檢驗法 A。

(5B) 檢驗法 B。

(5C) 檢驗法 C。

(5D) 檢驗法 D。

5.1 承第 5 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

※主題六 紙飛機【試回答第 6 題】

下圖是使用簡易發射器發射紙飛機。發射器為類似彈弓的構造。可拉長彈力繩，放手後使飛機以固定仰角發射。



6. 若想了解「紙飛機重量與飛行距離的關係」，要如何發射紙飛機？(單選)

(6A) 整個實驗只使用一款紙飛機，發射速度不同，比較其飛行距離。

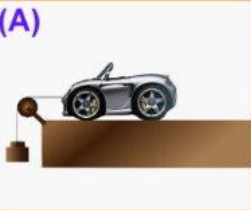
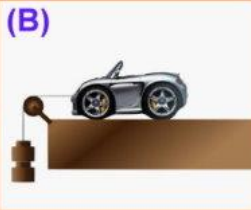
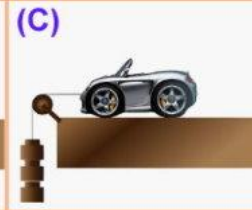


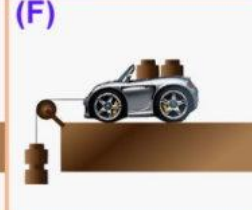
(6B) 整個實驗只使用一款紙飛機，發射速度相同，比較其飛行距離。

(6C) 整個實驗使用多款紙飛機，發射速度不同，比較其飛行距離。

(6D) 整個實驗使用多款紙飛機，發射速度相同，比較其飛行距離。

6.1 承第 6 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

※主題七 滑車實驗【試回答第 7 題】

下列為不同物體（含滑車與載重砝碼）的運動實驗裝置圖，其中以懸掛砝碼的數量代表外力大小。	(A) 	(B) 	(C) 
	(D) 	(E) 	(F) 

7. 根據以上 6 張實驗裝置圖，可以探討哪些研究問題？（複選）

(7A) 物體受相同外力作用時，質量與速度變化的關係為何？

(7B) 相同質量的物體，所受的外力與速度變化的關係為何？

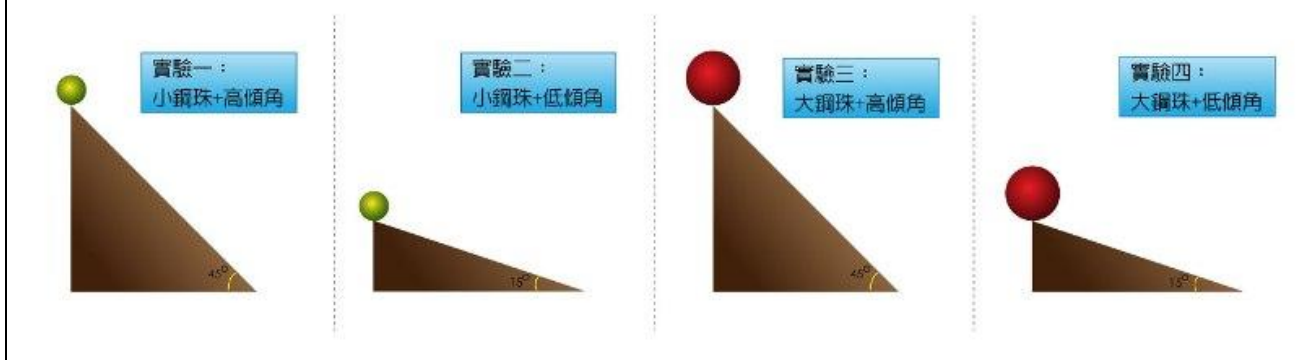
(7C) 物體的速度變化相同時，外力與物體質量的關係為何？

(7D) 物體質量相同且受相同外力時，物體速度變化的情形為何？

7.1 承第 7 題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）

※主題八 斜面與下滑時間【試回答第 8 題】

運用實驗室裡的器材小鋼珠、大鋼珠、2 個光滑斜面（長度固定、可改變傾角）進行下列四組實驗。



8. 哪幾次實驗能用來回答「斜面傾角如何影響大鋼珠滑到坡道底部所需時間？」的問題？

(單選)

(8A) 實驗 1 與實驗 2。

(8B) 實驗 1 與實驗 3。

(8C) 實驗 1 與實驗 4。

(8D) 實驗 2 與實驗 3。

(8E) 實驗 2 與實驗 4。

(8F) 實驗 3 與實驗 4。

8.1 承第 1 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

※主題九 可樂侵蝕【試回答 9~10 題】

新聞報導：「可樂不只會侵蝕牙齒，也容易因糖分堆積於口腔中，導致牙菌斑的滋生，造成蛀牙」。

好奇的小玲查了以下相關資料：

- (1) 牙齒的主要成分是磷酸鈣。
- (2) 「一般可樂」的主要成分是：磷酸、檸檬酸、檸檬酸鈉、碳酸氫鈉、果糖...等。
- (3) 「零卡可樂」的主要成份是：磷酸、檸檬酸、檸檬酸鈉、碳酸氫鈉、阿斯巴甜...等。
- (4) 牙菌斑，又稱牙垢，由食物殘渣、脫落的口腔上皮細胞、唾液和細菌所構成。

並準備下列的藥品與器材，以進行研究：

- (1) 可樂種類：零卡可樂、一般可樂。
- (2) 化學藥品：磷酸鈣（代替作為牙齒，以模擬牙齒稱之）。
- (3) 設備：濾紙、秤量紙、試管、量筒、玻棒、燒杯、漏斗、烘乾箱、電子天平、計時器。

9. 依上述提供的藥品與器材，可以回答下列哪個問題？（單選）

- (9A) 常飲用可樂是否容易造成牙菌斑的形成？
- (9B) 不同可樂對牙齒中細菌數量的影響為何？
- (9C) 不同可樂對牙齒的腐蝕影響為何？

9.1 承第 9 題，請說明理由。（說明時，盡量描述清楚）

10. 小玲想設計實驗，探討「零卡可樂跟一般可樂對牙齒侵蝕的程度有何不同？」但在她所設計的實驗步驟中，缺少了某些敘述。請選擇適當的敘述，以完成實驗過程的紀錄。

(須從每步驟擇 1 選項，共需選 4 個選項)

第一步	選擇	(10A) 10 毫升一般可樂與 10 毫升零卡可樂 (10B) 10 毫升一般可樂與 5 毫升零卡可樂 (10C) 5 毫升零卡可樂與 5 毫升零卡可樂	分別倒入 a、b 兩燒杯中。
第二步	拿取 c、d 兩試管，分別秤取	(10D) 等量磷酸鈣 (10E) 不等量磷酸鈣 (10F) 等量碳酸氫鈉 (10G) 不等量碳酸氫鈉	製作成顆粒狀的模擬牙齒。
第三步	將 a、b 燒杯內的可樂分別倒入裝有模擬牙齒的 c、d 試管中，分別以	(10H) 相同的時間 (10I) 不同的時間	浸泡模擬牙齒。
第四步	再將 c、d 兩試管內的模擬牙齒以蒸餾水清洗，並且	(10J) 浸泡後秤重 (10K) 烘乾後秤重 (10L) 靜置後秤重 (10M) 過濾後秤重	，並記錄測量的數值。

10.1 承第 10 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

※主題十 蔬果 579【試回答 11~12 題】

為了探討「不同酸鹼度的水對植物的生長情形為何？」，以 pH5 (酸性)、pH7 (中性)、pH9 (鹼性) 及水溶液 A 四種水溶液，分別對綠豆、萵苣澆 5 毫升的水。總共澆水 6 次，並記錄綠豆與萵苣的生長總高度。

11. 下表是綠豆的生長總高度記錄表。根據下表，水溶液 A 的 pH 值可能落在下列哪個範圍內？(單選)

綠豆	3月2日	3月4日	3月6日	3月8日	3月10日	3月12日
----	------	------	------	------	-------	-------

生長總高度 (單位：公分)

pH5	0.0	3.2	5.0	9.9	8.5	12.2
pH7	0.0	2.5	3.8	2.7	6.2	7.2
pH9	0.0	1.0	1.5	9.4	5.4	6.1
水溶液 A	0.0	3.1	4.3	2.7	8.0	11.0

(X)：表示植物枯死

(11A) pH5.0~pH6.5。

(11B) pH6.5~pH7.5。

(11C) pH7.5~pH9.5。

11.1 承第 11 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

12. 下表是萵苣的生長總高度記錄表。根據下表，小莉認為 pH 5 水溶液最後造成萵苣枯死的原因是：「酸性溶液造成萵苣腐蝕枯死」。但是小夫並不贊同。從表中的資料推斷，哪一個選項可能是小夫提出的說法？(單選)

萵苣	3 月 2 日	3 月 4 日	3 月 6 日	3 月 8 日	3 月 10 日	3 月 12 日
----	---------	---------	---------	---------	----------	----------

生長總高度 (單位：公分)

pH5	0.0	0.5	0.8	6.1	(X)	(X)
pH7	0.0	0.5	2.2	10.2	4.0	5.5
pH9	0.0	2.0	3.3	12.2	5.1	5.5
水溶液 A	0.0	0.4	0.9	4.1	1.2	2.1

(X)：表示植物枯死

(12A) 寒流導致氣溫的驟降造成萵苣枯死。

(12B) 因嗜酸性病蟲的增生造成萵苣枯死。

(12C) 因上課而無法仔細照看造成萵苣枯死。

(12D) 萵苣生長的需水量不足造成萵苣枯死。


- 12.1 承第 12 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

主題十一 害蟲調查【試回答第 13 題】

小光在農場某地點進行兩項測試：

- 測試方式 A：在此地點放置**單一顏色**的黏蟲板，每 4 天換一個顏色，實驗時間共 **12 天**，每天記錄黏蟲板上所沾黏的害蟲數目。
- 測試方式 B：將不同顏色的黏蟲板**裁剪**為 1/3 的面積後**並排**，在此地點放置 **4 天**，每天分別記錄不同顏色的黏蟲板上沾黏的害蟲數目。

測試結果如下表所示：

黏蟲板的顏色		天數(天)	測試方式 A (單一顏色)				測試方式 B (顏色並排) 			
			1 天	2 天	3 天	4 天	1 天	2 天	3 天	4 天
黃 	所沾黏的 害蟲總數 (隻)		10	25	54	63	9	16	31	34
白 		68	172	254	471	34	100	113	124	
藍 		8	26	27	31	5	6	7	9	

13. 根據實驗數據，在比較不同的測試方式 (A、B) 之下，妳認為**哪一種顏色**的黏蟲板效果較好？(單選)

(13A) 黃色。

(13B) 白色。

(13C) 藍色。

13.1 承第 13 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

※主題十二 滾罐子【試回答第 14 題】

實驗室提供不同種類的斜面與罐子。

斜面	大圓柱罐子	小圓柱罐子
(a) 斜角大，且表面光滑	(A) 大空心罐子 (大空)	(B) 小空心罐子 (小空)
(b) 斜角小，且表面光滑	(C) 大實心罐子 (大實)	(D) 小實心罐子 (小實)
(c) 斜角大，且表面粗糙	(E) 大空心罐子，裡面裝滿了黏膠 (大膠)	(F) 小空心罐子，裡面裝滿了黏膠 (小膠)
(d) 斜角小，且表面粗糙	—	—

- 長度：所有罐子的長度皆相同。
- 重量比：大空心罐子：小空心罐子 = 2：1。
- 體積比：大空心罐子：小空心罐子 = 2：1。
- 密度：同樣的體積，罐子材料的重量比黏膠大。

14. 將這些罐子分成兩兩一組，各別將它們從相同的斜面上滾下，記錄它們滾下的時間，並

將數據整理如下表：

實驗編號	兩個罐子	實驗結果

1	(A - 大空)、(B - 小空)	一樣快
2	(C - 大實)、(D - 小實)	一樣快
3	(E - 大膠)、(F - 小膠)	一樣快
4	(A - 大空)、(C - 大實)	(C - 大實) 較快
5	(B - 小空)、(D - 小實)	(D - 小實) 較快

根據上表，請選出支持「罐子平均密度越大，滾下所需時間越短。」的實驗證據。

(複選)

(14A) 實驗 1。

(14B) 實驗 2。

(14C) 實驗 3。

(14D) 實驗 4。

(14E) 實驗 5。



14.1 承第 14 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)

※主題十三 暖暖包【試回答第 15 題】

為了製作拋棄式暖暖包，需先了解「不同化學藥品溶解在水中，其溫度改變的情形」。所以將等量的四種藥品分別溶於 100 公克的水中，量測溫度並記錄之。以下是四種藥品的相關資料及實驗數據。

A、硝酸鉀 (透明無色或白色粉末，可溶於水，有舒緩刺激的作用)
 B、醋酸鈉 (白色粉末，可溶於水，用於肉類的防腐劑)

反應時間 (秒)	0	60	120	180	240
溫度 (°C)	14.0	13.2	13.6	13.9	13.9

反應時間 (秒)	0	60	120	180	240
溫度 (°C)	18.5	13.8	13.5	12.8	12.4

C、碳酸鈉 (白色粉末，易溶於水，具弱鹼性)
 D、氫氧化鈉 (白色晶體，易溶於水，具腐蝕性)

反應時間 (秒)	0	60	120	180	240
溫度 (°C)	20.0	45.0	47.4	49.6	49.9

反應時間 (秒)	0	60	120	180	240
溫度 (°C)	18.5	63.0	66.0	65.5	64.5

15. 依據上述四種化學藥品，你覺得哪一個藥品比較適合用來製作安全的拋棄式暖暖包？ (單選)

(15A) 硝酸鉀。

(15B) 醋酸鈉。

(15C) 碳酸鈉。

(15D) 氫氧化鈉。

15.1 承第 15 題，請說明理由。(說明時，盡量描述清楚)



附錄四 探究能力試題各題評分規準

題號	表現等級	評分規準
1 【規劃與研究】	精	能正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)·且能正確理解「操縱變因(黏稠程度)」與「控制變因(密度)」。
	熟	能正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)·但只能正確理解「操縱變因(黏稠程度)」或「控制變因(密度)」其一。
	基	無法正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)·但能正確理解「操縱變因(黏稠程度)」或「控制變因(密度)」。
	礎	無法正確選擇(1B)(1D)或(1C)(1G)·且無法正確理解「操縱變因(黏稠程度)」或「控制變因(密度)」。
2 【發現問題】	精	能正確選擇(2A)·且能正確理解「金屬溫度趨勢」對應「吸收熱量·溫度愈高(假設二)」與「不散熱(假設三)」的資訊。
	熟	能正確選擇(2A)·但只能正確理解「金屬溫度趨勢」對應「吸收熱量·溫度愈高(假設二)」或「不散熱(假設三)」其一資訊。
	基	無法正確選擇(2A)·但能正確理解「金屬溫度趨勢」對應「吸收熱量·溫度愈高(假設二)」或「不散熱(假設三)」的資訊。
	礎	無法正確選擇(2A)·且無法正確理解「金屬溫度趨勢」對應「吸收熱量·溫度愈高(假設二)」或「不散熱(假設三)」的資訊。

		設三)」任一資訊。
	待 加 強	能正確選擇(2A)·但無法正確理解「金屬溫度趨勢」對應「吸收熱量·溫度愈高(假設二)」或「不散熱(假設三)」任一資訊。 無法正確選擇(2A)·也無法正確理解「金屬溫度趨勢」對應「吸收熱量·溫度愈高(假設二)」或「不散熱(假設三)」任一資訊。
	精 熟	能正確選擇(3C)與(3D)·且能正確理解「釋放高度(運用細繩長度或直尺)」與「質量」當作實驗時的變因。
	基 礎	能正確選擇(3C)與(3D)·但只能正確理解「釋放高度(運用細繩長度或直尺)」或「質量」當作實驗時的變因。 能正確選擇(3C)與(3D)·但無法正確理解「釋放高度(運用細繩長度或直尺)」或「質量」當作實驗時的變因。
3	【發現問題】	只能正確選擇(3C)或(3D)·且能正確理解「釋放高度(運用細繩長度或直尺)」或「質量」當作實驗時的變因。
	待 加 強	只能正確選擇(3C)與(3D)·但無法正確理解「釋放高度(運用細繩長度或直尺)」與「質量」當作實驗時的變因。 無法正確選擇(3C)或(3D)·也無法正確理解「釋放高度(運用細繩長度或直尺)」或「質量」當作實驗時的變因。
4	精	能正確選擇(4B)·且能正確理解可能造成沙灘流失的

【發現問題】	熟 原因不止一項 (碼頭興建、沙源減少或颱風侵蝕) 。
	能正確選擇(4B) , 且能正確理解可能造成沙灘流失的原因中 , 可進行科學調查的項目 (颱風) , 並進一步說明科學調查的方法 (歷年資料) 。
	能正確選擇(4B) , 但只提到造成沙灘流失的原因(颱風基 侵蝕) 。
	礎 無法正確選擇(4B) , 但能提到造成沙灘流失的原因(碼頭興建、沙源減少或颱風侵蝕) 。
	待 能正確選擇(4B) , 但無法正確理解可能造成沙灘流失的原因 , 或也無法提到科學調查的方法。
加 強	無法正確選擇(4B) , 也無法正確理解可能造成沙灘流失的原因 , 或也無法提到科學調查的方法。
	精 能正確選擇(5D) , 且能正確運用「適用水體」、 熟 驗的金屬離子」或「測量範圍」兩種 (含) 以上 , 逐步剔除其餘選項。
5	能正確選擇(5D) , 但只能正確運用「適用水體」或「可檢驗的金屬離子」或「測量範圍」其中一種 , 逐步剔除
【規劃與研究】	基 其餘選項。
	礎 無法正確選擇(5D) , 但能正確運用「適用水體」或「可檢驗的金屬離子」或「測量範圍」三種變因的其中一或兩種 , 逐步剔除其餘選項。
	待 能正確選擇(5D) , 但無法正確運用「適用水體」或「可

		加 檢驗的金屬離子」或「測量範圍」任一種變因，逐步剔 強 除其餘選項。
		無法正確選擇(5D)，且無法正確運用「適用水體」或「可 檢驗的金屬離子」或「測量範圍」任一種變因，逐步剔 除其餘選項。
		精 能正確選擇(6D)，且能正確理解「操縱變因(質量)」 熟 與「控制變因(發射速度)」。
		能正確選擇(6D)，但只能正確理解「操縱變因(質量)」 或「控制變因(發射速度)」。
6	【規劃與研究】	礎 無法正確選擇(6D)，但能正確理解「操縱變因(質量)」 或「控制變因(發射速度)」。
		能正確選擇(6D)，但無法正確理解「操縱變因(質量)」 待 或「控制變因(發射速度)」。
		加 無法正確選擇(6D)，且無法正確理解「操縱變因(質 強 量)」或「控制變因(發射速度)」。
		精 能正確選擇(7A)與(7B)，且能正確理解控制「相同外力」 熟 與「相同質量」兩資訊進行研究探討。
		能正確選擇(7A)與(7B)，但只能正確理解控制「相同外 力」或「相同質量」兩資訊進行研究探討。
7	【發現問題】	基 能正確選擇(7A)與(7B)，但無法正確理解控制「相同外 礎 力」或「相同質量」兩資訊進行研究探討。
		能正確選擇(7A)或(7B)，只能正確理解控制「相同外力」

		或「相同質量」兩資訊進行研究探討。
	精 加 強	能正確選擇(7A)或(7B)，但無法正確理解控制「相同外力」或「相同質量」兩資訊進行研究探討。
		無法正確選擇(7A)或(7B)，也無法正確理解控制「相同外力」或「相同質量」兩資訊進行研究探討。
	精 熟	能正確選擇(8F)，且能正確理解「操縱變因(傾斜角度)」與「控制變因(大鋼珠)」。
	基 礎	能正確選擇(8F)，但只能正確理解「操縱變因(傾斜角度)」或「控制變因(大鋼珠)」。
8	【規劃與研究】	無法正確選擇(8F)，但能正確理解「操縱變因(傾斜角度)」或「控制變因(大鋼珠)」其一或兩者變因。
	精 加 強	能正確選擇(8F)，但無法正確理解「操縱變因(傾斜角度)」或「控制變因(大鋼珠)」任一變因。
		無法正確選擇(8F)，也無法正確理解「操縱變因(傾斜角度)」或「控制變因(大鋼珠)」任一變因。
	精 熟	能正確選擇(9C)，且能正確理解「可樂不只會侵蝕牙齒」與「操縱變因(不同可樂)」等資訊。
9	【發現問題】	能正確選擇(9C)，但只能正確理解「可樂不只會侵蝕牙齒」或「操縱變因(不同可樂)」等資訊。
	基 礎	無法正確選擇(9C)，但能正確理解「可樂不只會侵蝕牙齒」或「操縱變因(不同可樂)」等資訊。

	<p>能正確選擇(9C)·但無法正確理解「可樂不只會侵蝕牙齒」或「操縱變因(不同可樂)」等資訊。</p>
<p>加 強</p>	<p>無法正確選擇(9C)·也無法正確理解「可樂不只會侵蝕牙齒」或「操縱變因(不同可樂)」等資訊。</p>
<p>精 熟</p>	<p>能正確選擇(10A)(10D)(10H)(10K)四個選項·且能正確理解四個選項的原因。(10A)為操縱變因；(10D)(10H)為控制變因；(10K)需去除多餘的蒸餾水或提到設備中的烘乾箱。</p>
<p>基 礎</p>	<p>能正確選擇(10A)(10D)(10H)(10K)四個選項·但只能正確理解其一、其二或其三的原因。(10A)為操縱變因；(10D)(10H)為控制變因；(10K)需去除多餘的蒸餾水或提到設備中的烘乾箱。</p>
<p>10 【規劃與研究】</p>	<p>能正確選擇(10A)(10D)(10H)(10K)1~3 個選項·並能理解正確選項的任一原因。(10A)為操縱變因；(10D)(10H)為控制變因；(10K)需去除多餘的蒸餾水或提到設備中的烘乾箱。</p>
<p>待 加 強</p>	<p>能正確選擇(10A)(10D)(10H)(10K)1~3 個選項·但無法理解正確選項的任一原因。(10A)為操縱變因；(10D)(10H)為控制變因；(10K)需去除多餘的蒸餾水或提到設備中的烘乾箱。</p>
	<p>無法正確選擇(10A)(10D)(10H)(10K)任一選項·也無法正確理解原因。(10A)為操縱變因；(10D)(10H)為控制</p>

		變因；(10K)需去除多餘的蒸餾水或提到設備中的烘乾箱。
	精	能正確選擇(11A)，且能正確提到「水溶液 A 的數據介
	熟	於 pH5 到 pH7 之間」的數據做為證據連結主張。
		能正確選擇(11A)，但將「水溶液 A 的數據與 pH5 相
	基	似」的理由做為證據連結主張。
	礎	無法正確選擇(11A)，但能正確提到「水溶液 A 的數據
11		介於 pH5 到 pH7 之間」的數據做為證據連結主張。
	【論證】	能正確選擇(11A)，但無法正確提到「水溶液 A 的數據
	待	介於 pH5 到 pH7 之間」的數據視為證據，也無法將「水
	加	溶液 A 的數據與 pH5 相似」的理由視為證據連結主
	強	張。
		無法正確選擇(11A)，也無法正確提到「水溶液 A 的數
		據介於 pH5 到 pH7 之間」的數據做為證據連結主張。
		能正確選擇(12B)，且能運用「逐步剔除其他三個選項」
		方式，推理「嗜酸性病蟲」為主要歸因連結主張。
	精	能正確選擇(12B)，且能根據「pH5 為酸性溶液」推理
12	熟	「嗜酸性病蟲」為主要歸因連結主張。
	【論證】	能正確選擇(12B)，且能根據「水溶液 A 亦為酸性溶液
		但能正常生長」視為證據，推理「嗜酸性病蟲」為主要
		歸因連結主張。
	基	能正確選擇(12B)，但只能運用「逐步剔除其一或其二

	礎	選項」方式，推理「嗜酸性病蟲」為主要歸因連結主張。
		張。
		能正確選擇(12B)，但根據「選項 12B」推理「嗜酸性病蟲」為主要歸因連結主張。
	待	能正確選擇(12B)，但無法提出正確證據連結主張。
	加	無法正確選擇(12B)，且提出錯誤證據連結主張。
	強	
	精	能正確選擇(13B)，且能「根據數據」，並同時考量「不同測試方法」(單一顏色及顏色並排)等方法視為證據連結主張。
	熟	
		能正確選擇(13B)，但只能「根據數據」或「某一種」
13	基	測試方式的效果佳等方法視為證據連結主張。
【論證】	礎	無法正確選擇(13B)，但能「根據數據」或「某一種」
		測試方式的效果佳等方法視為證據連結主張。
	待	能正確選擇(13B)，但無法正確提出任一種測試方式的
	加	效果佳的方法視為證據連結主張。
	強	
	精	能正確選擇(14D)(14E)，且能正確理解「實心罐子平均
	熟	密度較空心罐子大」原因並視為證據連結主張。
14		能正確選擇(14D)或(14E)，且能正確理解「實心罐子平
【論證】	基	均密度較空心罐子大」原因並視為證據連結主張。
	礎	能正確選擇(14D)或(14E)，但只能理解「密度不同」或

「重量不同」原因並視為證據連結主張。

無法正確選擇(14D)與(14E)，但能理解「密度不同」原因並視為證據連結主張。

能正確選擇(14D)或(14E)，但無法正確理解「實心罐子待平均密度較空心罐子大」原因並視為證據連結主張。

加 無法正確選擇(14D)與(14E)，也無法正確理解「實心罐強子平均密度較空心罐子大」或「密度不同」等原因並視為證據連結主張。



15
【論證】

精 能正確選擇(15C)，且能根據「溫度適當」的數據與
熟 「腐蝕性」資訊等方法視為證據連結主張。

能正確選擇(15C)，但只能根據「溫度適當」的數據或

基 「腐蝕性」資訊等方法視為證據連結主張。

礎 無法正確選擇(15C)，但能根據「溫度適當」的數據或

「腐蝕性」資訊等方法視為證據連結主張。

能正確選擇(15C)，但無法根據「溫度適當」的數據或

待

「腐蝕性」資訊等方法視為證據連結主張。

加

無法正確選擇(15C)，也無法根據「溫度適當」的數據

強

或「腐蝕性」資訊等方法視為證據連結主張。

