

教育部 111 學年度中小學科學教育專案期末報告

計畫名稱：環境永續議題課程規劃與實施—以水質檢測為例

主持人：鐘建坪

電子信箱：hexaphyrins@yahoo.com.tw

共同主持人：陳燕伊、宋文汀

執行單位：新北市立錦和高中

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？ 是 否

2. 執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：於校內教師社群研習進行分享

4. 辦理活動或研習會對象：校內教師

5. 參加活動或研習會人數：4 人

6. 參加執行計畫人數：90 位學生，教師、行政人員等共 7 位

7. 辦理/執行成效：

科學的學習應該整合知識、能力與態度，使獲得的素養能夠體現在日常生活之中。水質探討是化學或環境工程領域一項的重要課題，能夠藉由議題的學習讓學生整合相關能力。研究顯示先前的課程內容往往偏重知識學習與技術性的操作，缺少以探究的方式讓學生深入探索主題的機會。本研究旨在分析 8 年級學生進行水質主題課程前、後的探究能力表現。課程設計區分為兩個區塊進行。第一區塊，學生思索影響學校附近溝渠水質好壞的因素與關係，並以導電度進行實驗規劃。學生在有限的材料下進行簡易導電度計的設計與實作，並將其實際用在學校附近溝渠水質的檢測，再與數位導電度計測量結果進行差異比較。第二區塊針對臺灣環境保護署網路公開的河川水質檢測資料進行分析，讓學生評估學校附近河川-新店溪不同採集地點的溶氧量、導電度、pH 值等，讓學生理解居住環境附近溝渠與河川的水質情形。結果顯示學生認為整學期的課程有趣不枯燥，能夠協助他們發現問題與解決問題，尤其對於簡易導電度計的設計與實作印象極為深刻，能夠從中理解不同元件之間的關係。同時，學生認為小組合作極有助益，認為小組成員能夠一起進行資料蒐集與報告，並且藉由報告過程反思自己整個學期的學習歷程。

二、研究計畫之背景及目的

(一) 研究計畫的背景與動機

環境永續發展是全人類應該重視的課題，其牽涉的範圍涵蓋經濟、社會與環境。聯合國於2015年發布永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，期待人類在滿足現今需求的同時，又不損害後代人類的發展模式。透過教育，以素養進行推動，讓學生能夠面對當代環境議題，擴展國際視野，並進行在地行動 (UN, 2018)。

12年國教期待學生成為終身學習者，著重「自主行動」、「溝通互動」，以及「社會參與」。總綱揭示在社會參與面向期待學生具備環境意識，主動參與公益活動與關懷生態環境。自然領綱更進一步認為可以透過環境相關議題的學習，了解自然環境的差異性，以發展出地球公民的價值觀 (國家教育研究院，2014，2018)。

雖然環境永續是自然領域一直強調的重要議題，但是研究顯示先前的課程內容往往著重知識性的概念探討，缺少讓學生深入主動探索的機會 (馮莉雅，2007)。因此，本研究嘗試讓學生透過對議題的理解，發展環境永續課程，以水質檢測為主題，培養學生探究的能力，以促進學生整合相關領域的機會。

(二) 文獻探討與理論基礎

一、環境永續議題

聯合國2015年發布永續發展指標(SDGs)，期待2030年能夠達成17項涵蓋社會、經濟與環境的指標。希望能夠跨越所有界線，引領不同國家、企業、個人，大家一起通力合作，努力在2030年以前，創造一個更美好的世界 (UN, 2018)。這些指標屬於跨世代的重要課題，而教育正是促使永續發展的推動方向。然而，環境永續不應單單只是口號，而是需要落實在學生的生活之中 (高翠霞、張子超，2016)。因此，環境永續的想法要烙印於學生的心中唯有透過實踐才能達成。

二、探究與實作

科學的學習方法著重探究歷程，讓學生從發現問題、確認變因關係、搜尋資料、尋找器材組織設備，接著進行資料收集與數據分析，最後形成論點與結果，讓學生從中統整學習相關概念知識、探究能力與正向的科學態度。因此，自然領綱期望各學習階段應該重視並貫徹「探究與實作」的方法，提供學生學習自然科學 (國家教育研究院，2018)。

名義上國中課程沒有探究與實作的科目，但是可以藉由彈性課程的設計進行議題式的探索與實踐，讓學生發展探究與實作的機會。

三、水質檢測相關教學研究

河川與我們生活息息相關，但因工業發展、垃圾增量等因素影響，造成水質下降。為確保河川水質，目前使用河川汙染指標監測河水的水中溶氧量(Dissolved Oxygen, 簡稱 DO)、生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand, 簡稱 BOD)、懸浮固體(Suspended Solids, 簡稱 SS)，以及氨氮(NH₃-N)等四項水質參數之濃度值，經計算轉化數值之後判定為未受汙染、輕度汙染、中度汙染以極重度汙染(行政院環境保護署全國環境水質監測資訊網，2020)。

目前進行水資源學習的相關教學設計仍屬少數，其進行的方式主要以高中校定必修課程為主(張明絹、吳德鵬，2020；鍾曉蘭，2015)。張明絹與吳德鵬以桃園地方文化特色，發展以埤塘為主題的跨領域課程，藉由試劑與導電度計測量埤塘的溶氧量與導電度大小，以確認埤塘水質汙染程度(張明絹、吳德鵬，2020)。鍾曉蘭則以淡水河左岸為主題的跨學科課程，在學校附近進行生態調查以及水質檢測，探討許多因素，包括：優養化、熱汙染、濁度、酸鹼度、導電度、溶氧量等地改變對生態的影響(鍾曉蘭，2015)。然而，目前文獻中所研發的課程較著重在技能的學習，不僅缺少以國中學生程度的課程開發，亦較少在課程強調如何協助學生發展相關的探究能力。

國中自然課程與水質檢測相關的學習內容包括：Me-IV-2家庭廢水的影響與再利用、Na-IV-3環境品質繫於資源的永續利用與維持生態平衡、Jd-IV-2酸鹼強度與 pH 值的關係、Jd-IV-3實驗認識廣用指示劑及 pH 計、Jb-IV-4百萬分點的表示法(ppm)、Jb-IV-2電解質在水溶液中會解離出陰離子和陽離子而導電等。因此，如何整合國中相關學習內容進行環境永續議題的探究與實作教學是需要進行開發的主軸。

四、理念與研究架構

探究與實作包含發現問題、規劃與研究、論證與建模，以及表達與分享等階段步驟，每個階段並非直線歷程，而是可依照主題穿插轉換不同階段順序。教師在教學上提供議題為主的探究學習能夠協助學生深入主題的概念內容、發展相關的探究能力，以及促進

正向的科學態度 (NRC, 1996; 2000)。

本課程模組區分2個階段，首先嘗試讓學生預測學校附近溝渠水質情況出發，導入環境永續議題讓學生對生活周遭溝渠的地理環境有所認識，藉由探究與實作的架構進行探究學習，讓學生設計簡易的導電度計與水質收集器，並與酸鹼試紙、pH計、導電度計等儀器收集到的相關數據進行確認、比較並進行分享回饋。接著再以環保署資料庫的資料分析確認不同水質收集地點的水質狀況 (圖1)。

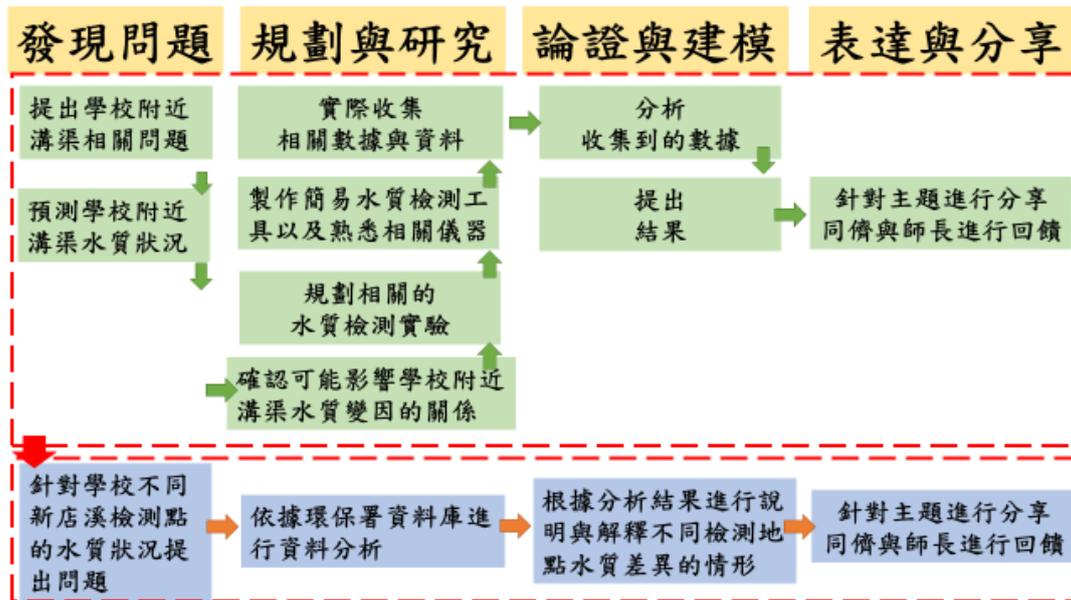


圖1：本研究架構

基於上述文獻分析與探討，本研究的研究目的主要發展環境永續議題教學模組，強調如何在探究與實作的架構內，促進學生學習水質檢測的相關素養。研究問題臚列：

1. 在實施「議題導向教學」時，教師如何規劃教學活動與協助學生優化學習內容？
2. 國二學生在教學前、後，科學探究能力的表現差異為何？
3. 教學之後，學生對於課程內容的收穫、學習困難、反思與評價為何？

三、研究方法、步驟及預定進度：

(一) 研究對象與情境

研究對象為新北市立某國中之學生，以便利取樣方式選擇國中部8年級學生。該校學生來源為附近學區國小畢業學生，家庭經濟情況多屬小康環境，每學年班級約有1位家境清寒學生。

(二) 教學活動設計

本研究工具主要為前、後測之科學探究能力問卷，以及學生歷程表現內容，包括：變因關係構圖、設計規劃學習單、上台發表影片等（見圖2）。茲分述如下：

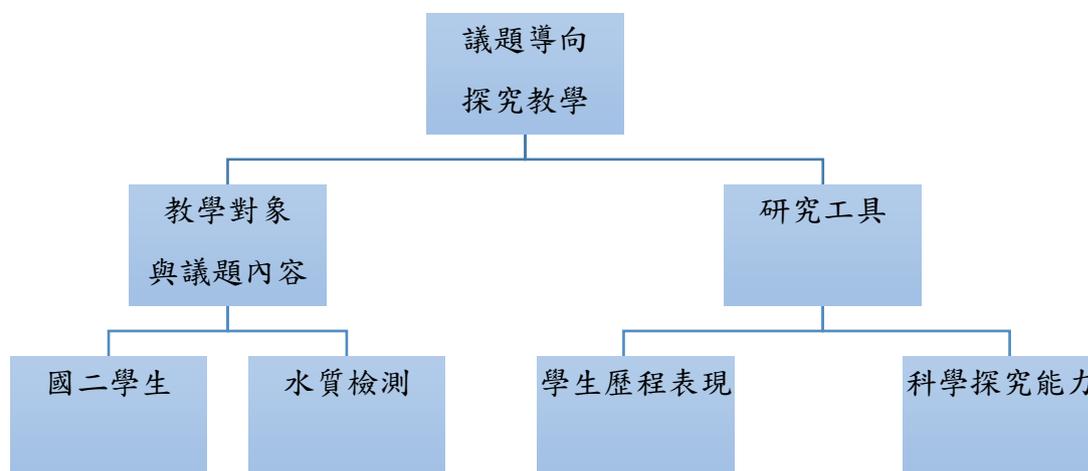


圖2：本研究之組織架構

1. 探究能力測驗試題與評量規準

本研究依據探究與實作的架構，確認探究能力為觀察與定題、計畫與執行、分析與發現，以及推理與論證。同時參酌林小慧、吳心楷(2019)設計探究評量試題指標設計水質檢測探究能力問卷。已進行專家審查。

(1) 探究能力試題

(2) 探究能力評量指標

依據自然領綱將探究能力區分為觀察與訂題、計畫與執行、分析與發現、推理與論證，再參酌林小慧與吳心楷（2019）針對探究能力試題，區分出探究次項目能力。並依據相關項目區分出探究試題之對應題號。

(3) 探究能力評量規準

同樣參照 PISA 的設計方式，將學生探究能力測驗試題的回答內容設定為 2 分（完整作答）、1 分（部分答對或是有所缺漏）與 0 分（無法作答或是回答不相關的內容）。

(三) 教學設計

教學設計主要依據議題式教學進行，強調讓學生在學習歷程進行探究學習。首先進行環境永續指標與淡水河的介紹，說明環境議題的重要性。接著讓學生思索影響學校附近溝渠水質的影響因素，繪製變因關係圖，確認相關研究問題，進行問題確認。再進行

簡易工具設計與實作，練習後實際採集並收集相關數據進行分析，接著依據結果進行說明。接著利用環保署實際收集的資料庫進行不同地點比較與分析，讓學生知悉水質檢驗的項目與過程。詳細內容如表1所示。

表1 議題導向教學模組設計

周次	教學活動	評量
1	<ul style="list-style-type: none"> ✚ 環境永續議題與目標：淨水與衛生 ● 淡水河與新店溪的發展介紹 ● 預測學校附近二八張溝水質狀況 ● 進行模擬軟體預測水質的可能關係 <p>✚ 首先介紹環境永續發展議題與其相關的目標，並說明淨水與衛生的指標，接著說明淡水河與新店溪近30年來的發展變化，再讓學生思索並預測學校附近溝渠的水質狀況。</p>	✚ 學生預測學校附近溝渠的水質狀況
2	<ul style="list-style-type: none"> ● 閱讀水質檢測相關資料，尋找水質檢測的變因 ● 確認並繪製水質檢測變因之間的關係 <p>✚ 提升學生背景知識，教師提供水質檢測的相關資料，讓學生從中思考檢測溝渠水質需要檢測的項目。</p> <p>✚ 搭配提問讓學生完成水質檢測項目與水質狀況的關係，以及哪些因素會如何影響水質檢測項目的結果。</p>	✚ 完成變因關係構圖
3-5	<ul style="list-style-type: none"> ● 搭配研究問題，確認所需器材 ● 設計與製作簡易導電度計 <p>✚ 搭配研究問題，確認可能需要使用的器材。</p> <p>✚ 利用測電解質的概念與裝置，設計與製作簡易的導電度計。</p>	✚ 完成簡易導電度計的設計與製作
6-7	<ul style="list-style-type: none"> ● 設計與製作簡易水質收集器 <p>✚ 讓學生設計與製作簡易水質收集器，並測試效果。</p>	✚ 完成簡易水質收集器的設計與製作
8	<ul style="list-style-type: none"> ● 實際收集水體，進行數據收集 <p>✚ 實際在學校附近溝渠進行水體收集，並進行水質檢測項目的資料收集。</p>	✚ 完成數據收集與紀錄

9	<ul style="list-style-type: none"> ● 依據收集資料，說明學校附近二八張溝水質狀況 ✚ 將收集到的資料結果進行分析，討論結果與原先預測是否相符。 	✚ 完成學習單結果解釋
10	<ul style="list-style-type: none"> ● 上台發表說明小組探究歷程與成果 ✚ 將收集到的資料結果與自己原先模擬軟體設定的預測是否相符。思考相符或不相符的原因。 	✚ 小組合作完成歷程口頭報告
11-12	<ul style="list-style-type: none"> ● 從資料庫數據分析不同收集地點的水質狀況 ✚ 依據資料庫數據進行選擇1年的數據進行分析：探討華中大橋與秀朗大橋附近採樣點的水質狀況為何？ 	✚ 完成學習單不同地點水質狀況分析
13	<ul style="list-style-type: none"> ● 將同一年度華中大橋與秀朗大橋資料結果進行比較 ✚ 讓學生依據環保署資料庫的資料分析熟悉的採水點資料，並進行結果比較水質差異。 	✚ 完成學習單不同地點水質狀況結果比較
14-15	<ul style="list-style-type: none"> ● 說明不同縣市政府針對環境永續水質項目的努力 ✚ 上台發表以資料庫數據進行的分析與結果 ✚ 學生進行口頭報告說明特定年份華中大橋與秀朗大橋附近採樣點的水質狀況為何？ 	✚ 學生小組上台完成口頭報告
16	<ul style="list-style-type: none"> ● 簡要說明學期課堂的學習內容與主旨 ● 說明不同縣市政府針對環境永續水質項目的努力 ✚ 說明不同縣市政府針對環境永續水質項目的努力 ✚ 學生說明可以力行的方案，達到乾淨水質的永續 	✚ 學生思索永續發展的重要性，並期待能身體力行

(四) 資料編碼與分析

本研究所蒐集之資料區分為質性與量化兩個部份，其中質性資料包括學生課堂對於學校附近溝渠水質狀況的變因關係構圖、學生在有限的材料下，設計與製作的簡易導電度計與水體收集器，以及學生上台進行的口頭報告內容。變因關係構圖用以判別學生在環境議題導向教學，對於水質檢測的想法。簡易導電度計與水體收集器的設計與製作可

作為學生課堂的學習表現之一，而口頭報告可知悉學生如何針對發現問題、器材規劃、資料收集、分析數據、討論與評價的能力表現。量化資料來源有二，其一是將學生的質性資料依照評量標準進行評比轉化為分數而得，其二是學生水質檢測探究能力前、後測的表現，皆以單組前、後測相依樣本 t 檢定進行分析。質性資料課室錄影部分則作為教師教學、師生互動與學生小組互動情形的佐證資料，以利三角矯正。

四、研究成果

(一) 在實施「議題導向教學」時，教師如何規劃教學活動與協助學生優化學習內容？

1. 提供與學生經驗連結的探究題材
2. 依據探究歷程設計不同階段的探究活動
3. 搭配學習單，讓學生有所依循並紀錄所學內容
4. 設計與組裝所需器材，教師著重鷹架提供，而非單純材料包組裝
5. 注重差異化，讓每位學生在課堂皆能夠積極投入

(二) 國二學生在教學前、後，科學探究能力的表現差異為何？

(三) 教學之後，學生對於課程內容的收穫、學習困難、反思與評價為何？

1. 學生對於課程的收穫

- (1) 發現問題階段
- (2) 規劃與研究階段
- (3) 論證與建模階段
- (4) 表達與分享階段

2. 學生認為本課程的困難之處與解決之道

- (1) 發現問題階段
- (2) 規劃與研究階段
- (3) 論證與建模階段
- (4) 表達與分享階段

3. 學生心得與學習反思

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

(一) 規劃環境永續議題導向教學模組

環境永續是地球公民努力發展的目標。我們不僅期待國家經濟成長，社會福祉提升，亦期望逐漸減少對自然資源的消耗，讓經濟、社會與環境形成一個正向相互依賴的關係。本研究提供學生思索環境永續議題，藉由水與衛生指標，探討就讀學校附近溝渠的水質狀況，經由探究的模式，學習簡易檢測的工具與概念，並思索相關單位目前的努力成果。

(二)提供國中學生跨領域議題思考

環境永續指標牽涉經濟、社會與環境。有些開發中國家，由於水資源匱乏，不少地區的人民為了取水，每天必須花費許多時間取水，而犧牲兒童學習或婦女就業的機會。本研究進行水質檢測涵蓋檢測原理的科學領域、檢測工具創新的科技領域，以及與環境永續共存的社會領域，可讓學生進行跨領域的整合。

(三)提供探究與實作課程實踐方案

本研究以水質檢測作為主題，以探究與實作架構進行課程發展，以發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享交互進行，讓學生學習水質檢測的概念並培養相關的探究能力。相關結果可作為國中彈性課程進行跨領域或是探究與實作課程的參考。

(四)提供探究與實作表現評量

搭配探究與實作歷程，本研究為了確認學生的學習表現，依照學生的可能成果，設計相關的評量規準，作為學生成果的評分依據，亦可做為教師在設計相關議題時評量的參考準則。

六、檢討

(一)如何有效協助不同能力學生，積極投入課程學習

本研究設計的主題式探究涵蓋探究歷程的心智訓練與手動操作，雖然期待能夠符合不同學生的學習準備度，但是如何在課堂之內，能夠讓每位學生不僅動機的增長，而是包含相關知識、技能與態度的養成。

(二)如何透過探究歷程外顯化，協助學生將探究形成思考架構

探究不僅是學生探索科學的歷程，也應該是能夠內化於心的思考架構。雖然學習

單有外顯化探究歷程，但是如何評量學生探究的思考架構，以及學生如何將探究與其相關的議題探索結合需要更細緻的探討。

(三)如何讓學生探索居所附近議題，結合在地化與全球化的概念，形成在地全球化的思考模式

若能探索學生能夠接觸的議題，則能引起學生較大的關注。本研究嘗試以探究模式讓學生針對自己學校附近溝渠水質的好壞進行工具設計、製作與實測，再結合環保署水質調查資料讓學生進行相關分析。讓學生從學校附近的溝渠水質出發，進而提升對臺灣河川等水源品質進行關注。

七、參考資料

行政院環境保護署全國環境水質監測資訊網 (2020)。河川汙染指數 (RPI)。檢索日期：2022年4月5日。取自

https://wq.epa.gov.tw/EWQP/zh/Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_37.aspx

林小慧、吳心楷。科學探究能力評量之標準設定與其效度檢核。《教育心理學報》，50(3)，473 – 502。DOI：10.6251/BEP.201903_50(3).0005

高翠霞、張子超 (2016)。環境教育的發展脈絡與融入十二年國教的方法。《課程與教學》，19(2)，27-51。DOI：10.6384/CIQ

國家教育研究院 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。新北市：國家教育研究院。

國家教育研究院 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要：自然科學領域。新北市：國家教育研究院。

馮莉雅 (2007)。國中永續發展教育之課程研究。《國民教育研究學報》，19，1-27。

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academic Press.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academic Press.

UN. (2018). *The sustainable development goals report 2018*. <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2018-EN.pdf>