科學教育學刊
2011, 第十九卷第一期, 1-23

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(1), 1-23

# 高中探究本位課程之設計與實施的個案研究——以新興科技議題為例

洪振方　陳毓凱*

國立高雄師範大學　科學教育研究所

(投稿日期：民國99年5月17日，修訂日期：民國99年8月25日，接受日期：民國99年10月12日)

**摘要**：本研究主要目的在於提供一個高中其設計與實施新興科技探究本位課程(Emerging Technology Inquiry-based Curriculum, ETIC)之成功範例。資料來源包括課室觀察記錄；教材、會議記錄等文本資料；教師與學生的半結構式晤談；以及學生的問卷資料。本研究採個案研究法，參與者爲六位高中科學教師以及一個學生小組。研究主要發現如下：(1) ETIC之教學目標在培養學生對環境議題的關懷、發展替代能源的知識以及運用探究來進行學習；(2) ETIC之課程設計由教學目標轉化而成，主要包含「專家講座」、「補充教學」、「校外經驗」以及「科學探究」等成分；(3) ETIC在實施上採取「刺激誘發」、「教學介入」與「引導探究」等機制；(4) ETIC課程提供學生經驗科學探究的歷程，培養學生高層次思考的能力。

**關鍵詞**：中等教育、探究本位課程、新興科技

## 壹、研究背景與動機

近年來國內教育政策在課程權力上逐漸鬆綁，同時賦予各級學校更多自主性的課程決定與發展空間，如教育部自95學年度起實施的高中職課程暫行綱要即鼓勵學校去建構具有特色的本位課程。以課程發展的型態而言，此係「由上而下」至「由下而上」的轉變。而上述政策訴求主要隱喻有二。首先，學校必須在現行課程外建構更具特色、更符合當代學習目標的本位課程；再者，教師在該等「由下而上」的課程發展型態將位處第一戰線，亦即需同時扮演課程設計與實施的雙重角色。對學校與教師而言，此實屬一大挑戰。

上述更具特色、更符合當代學習目標的學校本位課程爲何？由於強調透過探究來學習一直是科學教育的重要目標之一(Abd-El-Khalick et al., 2004; Hofstein & Lunetta, 2004; National Research Council [NRC], 1996,

*通訊作者：陳毓凱

2000b)，而研究結果亦顯示愈早讓學生在學校教育階段具備探究學習的經驗將有助其對科學的投入與學習(Roberts & Wassersug, 2009)。此外，在強調知識經濟的二十一世紀裡，應提供學生更多的管道吸收日新月異的科學與科技新知以面臨全球化的挑戰，陳麗華與彭增龍(2007)建議考量全球視野的新課程應促使學生能關懷、思考與探究重要的全球議題。因此以當代新興科技議題爲主軸的探究本位課程應可作爲中等學校發展其特色課程的目標方針。

本研究主要目標即在於提供一所位於臺灣南部的高中，其採取由下而上的課程發展型態進而設計與實施探究本位課程的具體成功範例。個案高中發展探究本位課程源始於其參與一個國科會爲期四年的課程發展計畫，該計畫前三年的工作內容在於發展課程架構、相關學習活動、教材與評量並於最後一年進行課程之推廣，其最終目標則希望將該等課程納入現行高中的自然選修課程。值得注意的是，本研究以個案高中第二年的課程設計與實施做爲研究範疇，其主要原因有二：第一，個案高中在有了第一年的相關經驗與回饋修正後，其第二年的課程設計與施行應屬於一成熟的課程實務體系；第二，個案學校在第二年的課程設計與施行結果獲得國科會評等爲優選。由於在該年度28所執行該等計畫的學校中僅有5所學校獲得國科會的優選獎項，此顯示個案高中的課程機制有值得取徑之處。據此，個案學校之探究本位課程應足以作爲成功設計與實施探究本位課程的具體範例。

綜上所述，本研究將以個案研究的方式，探討一個高中自然科教師團隊如何設計並實施以新興科技(替代能源)爲主軸的探究本位課程(Emerging Technology Inquiry-based Curriculum, ETIC)。爲達上述目的，研究中將透過教師、學生二者的語言和活動來建構對該等課程的理解。根據研究目的形成之具體研究問題如下：

一、ETIC之目標與設計爲何？
二、ETIC之實施機制爲何？
三、學生參與ETIC所獲得之學習經驗爲何？

## 貳、文獻探討

### 一、探究的意涵

美國《國家科學教育標準》(*National Science Education Standards*)將探究視爲一種多面向的活動，這些活動的內涵包含了進行觀察、提出問題、利用書本或其他訊息來源來檢視何爲已知的事物、擬定研究計畫、根據實驗證據來檢視先前已知的事物、使用工具來蒐集分析並解釋資料、提出答案解釋與預測、研究結果的交流(NRC, 1996)。

晚近許多學者將探究視爲科學家如何進行研究的方法與過程(Hofstein & Lunetta, 2004; Khan, 2007; Park, Jang, & Kim, 2009; Zachos, Hick, Doane, & Sargent, 2000)。Hogan與Fisherkeller (2000)提出探究的四階段成分，其包含：形成假設、設計實驗、結論之解釋以及研究結果之交流。Zimmerman (2000)認爲學生學習科學時應該要有機會去形成假設、設計實驗、觀察測量、進行推理、以及形成理論。Chinn與Malhotra (2002)藉由科學家在研究過程中所涉及的根本認知過程來說明科學探究的成分，其包含：形成研究問題、設計實驗、預測、結果解釋、發展理論以及閱讀研究報告等。美國「國家科學教師協會」(National Science Teachers Association [NSTA])認爲探究反映出的是科學家如何瞭解自然世界，在該等過程中包含了：執行研究、由多樣來源蒐集證據、由資料發展出解釋以及傳達並辯護結論(NSTA,

2004)。Lunetta, Hofstein與Clough (2007)則將探究視爲確認與形成問題、設計與規劃研究、蒐集和分析資料、總結結果、形成結論以及分享研究的過程。

綜上所述，本文藉由歸納統整上述學者之論述後，將探究視爲形成研究問題、實驗設計與執行、資料蒐集與分析、形成研究結論與研究之反思與交流的過程。上述定義形成本研究對科學探究的理論觀點，並藉以作爲探討個案學校探究本位課程在探究教學上的依據。

## 二、針對探究本位課程進行研究的必要性

儘管科學探究的相關成效已廣泛討論於科學教育社群中，但對於探究本位課程在設計與實施上仍有進一步探討的空間，本文以下將進行相關的討論。首先，雖然在重要科學教育目標(NRC, 1996, 2000b)的驅使下許多課程設計者藉由相關探究課程的設計與實施讓學生參與於科學探究的學習過程裡(Edelson, Gordin, & Pea, 1999; Singer, Marx, Krajcik, & Chambers, 2000; Zion et al., 2004)，但Abd-El-Khalick等(2004)卻認爲針對「究竟構成科學探究學習之要素爲何」仍存在著意義不明確之處。此亦呼應了Chinn與Hmelo-Silver (2002)的看法，亦即當代的科學教育目標及其內涵雖提供了探究的準則，但在教學以及課程規劃等實務發展的內涵仍欠缺詳盡分析。據此，一個探究本位課程中是否需涵蓋特定的教學元素？上述教學元素的功能性爲何？上述重要問題構成本研究進行的引導方針之一。

再者，就「探究」本身的教學實務而言，許多學者認爲探究本身在意涵上的複雜性與豐富性導致其缺乏實務層面的一致性定義(Cuevas, Lee, Hart, & Deaktor, 2005; Etheredge & Rudnitsky, 2003; Shiland, 2002)。如Anderson (2007)即將「探究」的概念區分爲「探究學習」(inquiry learning)與「探究教學」(inquiry teaching)，前者屬於學習成果的範疇，因此包含了技能的習得以及對探究的理解；而後者屬於教學實施的範疇，其因有多元的表現形式導致難以特徵、定義化。在探究教學的具體形式上，Olson與Loucks-Horsley (2000)認爲探究的形式包括了結構式、引導式以及開放式探究。而依探究教學的完整程度而言，Park Rogers與Abell (2008)則認爲探究學習依其目標與涵蓋之特徵可區分爲「完整的探究」(full inquiry)以及「部分的探究」(partial inquiry)。據此，一個學校的探究本位課程如何進行形式與實施上之考量構成本研究進行的第二個重要方針。

最後，教師雖必須在上述課程實務上扮演關鍵的角色，但相關文獻卻顯示教師在該等角色的扮演上是有困難的，其關鍵之一在於教師對於探究課程是否具有足夠的知能。誠如van der Valk與de Jong (2009)的建議，教師欲成功實施一個新課程必先具備對該課程的相關知識與教學技能。Park Rogers與Abell (2008)即認爲許多K-12階段的教師對於如何將探究的概念轉化至教學實務中存在著不確定與無力感。先前研究探討教師不使用探究教學法的理由包括了時間與精力的不足、發展教材耗費時間、無法掌控課室狀況、儀器設備不足等(Lawson, 1995)。近年來一些研究亦指出教師在施行探究課程具有困難的原因包括了對於探究的理解不足(Roehrig & Luft, 2004)、對於探究教學的流程不熟悉(Pataray-Ching & Roberson, 2002)或是對探究教學之成效秉持著懷疑的態度(Jeanpierre, Oberhauser, & Freeman, 2005)。Zion, Cohen與Amir (2007)在一個促進學生進行探究學習的課程研究中發現大部分參與研究的教師皆

能理解科學探究的動態特徵，且這些參與教師們在探究教學實務上也涵蓋了結構式、引導式乃至開放式探究。然而Zion等研究中亦發現教師們在教學實務上遭遇到的困難，包括了教師本身科學知識的不足、學生缺乏相關的科學知識與技能以及時間上的限制等。據此，探討教師在探究本位課程的實務表現形成本研究的第三個重要方針。

綜上所述，顯示探討探究本位課程之設計與實施有其必要性。本研究希望藉由提供一個成功的探究本位課程之設計與實施之案例分析，藉以爲中學階段之探究教學提供一些建議與參考，並呼應我國對於教育與課程改革之步伐。

## 參、研究方法

本研究採取「個案研究法」(Patton, 2002)來探討個案高中之教師團隊如何設計並實施一個以新興科技議題爲主軸的探究本位課程。本節將針對研究情境與研究對象、研究實施程序、資料蒐集與分析、研究之信效度進行說明。

### 一、研究情境與研究對象

本研究之個案學校爲座落於臺灣南部的一所女子高級中學(以下簡稱S高中)，進入該校的學生多爲在國中階段學習成就較優良者(入學之PR值爲97)，其對於學習亦有較高的自主意識，因此該校之教師在學習上給予學生很大的自主空間，此形成該校開放學風的基礎。S高中對於自然科的教學相當重視，在相關師資的進修與專業發展乃至資源的提供上皆不遺餘力，此可由該校每年在科展比賽中皆有得獎的豐碩成果來驗證之。此外，根據研究者的觀察發現，常見學生到自然科教室找教師們請益或討論問題，而教師對學生的發問亦全力地加以回應與指導。綜上所述，S高中之科學學習氛圍應屬一種正向支持的環境。

研究對象包含個案學校自然科教師團隊(簡稱S團隊)以及一個學生小組。S團隊包含6位自然科教師，此6位教師依學科專長包括了物理專長的1位男教師(Tp1)以及1位女教師(Tp2)、化學專長的2位女教師(Tc1, Tc2)、生物專長的2位女教師(Tb1, Tb2)，上述教師團隊的平均教學年資約22年。值得注意的是，上述其中的3位教師(Tp1, Tc1, Tb1)亦爲第一年的計畫參與成員，故已具有相關的課程發展實施經驗，因此本研究的教師群應屬教學經驗豐富且具有探究本位課程發展經驗的合作團隊。

在學生的部分，共有80位高一學生參與S高中本年度的探究本位課程，上述學生依其探究主題的學科屬性可進一步區分爲7個物理小組、7個化學小組以及6個生物小組，其中每一個小組由3 ~ 4位學生組成，而小組之成員係由學生自行挑選組成。本研究以立意取樣的方式選取一個生物小組(Gb)做爲學生的資料來源，Gb組共有4位同學(S1 ~ S4)。

### 二、研究實施程序

由於S高中參與的是國科會爲期四年之課程發展計畫，本篇論文乃針對其第二年(2007年6月至2008年7月)之資料進行分析討論，而該年度之研究時程主要有三個階段。第一階段爲準備階段，研究者此階段的工作重點在於瞭解S團隊預期的課程設計與規劃，因此，研究者參與S團隊的三次學期前工作會議藉以獲得更完整之課程訊息。第二階段爲研究實施階段，S高中將其探究本位課程訂於每週四上午進行(9:00 ~ 12:00)，故研究者在此階段盡可能的參與每一次的課程並進行觀察與記錄，本階段研究者共計參與

29週的課程(另有3週校外參訪研究者並未隨行)以及9次的教師團隊工作會議。此外，本階段另一工作重點並於所有課程結束後進行教師與學生的正式晤談。第三階段爲形成研究結果階段，此時研究者透過對蒐集資料之歸納整理與分析來形成研究結果，並進行論文之撰寫。

## 三、資料蒐集與分析

本研究由多種管道進行資料的蒐集。Guba (1981)指出對同一現象，使用不同的方法蒐集不同的來源和型態的資料，將可增加信效度並避免研究者的偏見，此外，亦可增進研究判斷的正確性。據此，研究者主要蒐集「觀察記錄」、「文本資料」、「問卷資料」以及「晤談資料」等四種類別的資料藉以回答研究問題。而針對演講、教師講授等可加以記錄的課程情境，以及每一次工作會議舉行的過程與對談，研究者亦進行錄影(音)，主要目的在於重建現場藉以記錄特殊事件的發生與過程，此外，當研究者於資料分析過程中有不確定或疑問時亦能透過該等資料之回顧來予以解決。

研究中蒐集的「觀察記錄」係指研究者本身參與課程的記錄札記。「文本資料」主要包括S團隊提供給學生的教材、作業等檔案以及S團隊共計12次的工作會議記錄(2007年6月至2008年6月)。「問卷資料」主要以開放式問卷的形式讓所有學生於一學年的課程結束後填寫，旨在瞭解其參與課程之學習經驗。最後爲「晤談資料」，此包括對教師與學生的晤談。教師部分又可區分爲正式與非正式晤談，其中的正式晤談執行於整年度的課程結束後，對象爲S團隊的每一位教師，其中每一位教師的晤談時間約爲一小時，主要目的在於促使教師分享其本年度課程設計與執行的相關經驗，以及教學過程中運用的方法與策略等；非正式晤談則是當研究者對於該週課程或是會議決策有相關疑問時對個別教師進行的短暫訪談。學生晤談對象則爲Gb小組的4位學生，其晤談時間約爲40分鐘。對學生進行半結構式晤談的主要目的除讓其表達參與本次課程的學習經驗外，亦希望由訪談中進一步瞭解學生獲得相關學習經驗的可能原因。

研究者在資料的分析上係先將相關錄影(音)資料進行轉錄，藉以形成可據以分析的文字型態。本研究在資料分析策略上係採取Creswell (1998)對於質性研究資料分析的建議，亦即透過多種資料結合來縮減資料的範疇並藉以形成研究主張。在分析的程序上，首先研究者以「觀察記錄」爲基礎並藉以歸納統整出課程實施期間的特定事件，上述事件範疇包含教師的教學設計與實施以及學生之學習經驗。爾後，研究者透過「文本」、「問卷」與「晤談」等資料進一步提出教師對於課程的設計與實施以及學生的學習經驗之初步結果。最後，研究者藉由上述不同形式資料的分析結果來形成研究主張。

舉例而言，研究者在某次專家講座後發現許多學生欲與講者進行互動，但礙於時間的限制而無法滿足每一位學生的需求。在觀察到上述特定事件後，研究者進一步在當下與教師進行非正式的晤談，且於學期結束後的正式晤談中亦再次提及此現象，根據上述晤談之分析結果發現教師們多以鼓勵、引導的方式來促進學生的自主學習。此外，根據學生在課程結束後填寫之開放式問卷，大多數學生認爲在課程的情境中有助於養成主動學習的習慣與態度。據此，研究者方提出「S團隊教師利用刺激誘發機制來引起學生動機並藉以提升其自主學習」的研究主張。綜上所述，本研究之三角校正(triangulation)主要係根據不同資料來源的結果來進行。

## 肆、研究發現與討論

根據研究問題，本節的第一部分將探討ETIC之課程目標與設計；第二部分則進一步深究ETIC的實施機制；第三部分則探討學生的學習經驗。最後將針對上述發現進行綜合討論。

### 一、ETIC之目標與設計

#### (一)ETIC之教學目標在培養學生對環境議題的關懷、發展替代能源的知識以及運用探究來進行學習藉以養成科學家般的思考

根據會議記錄以及教師晤談等資料歸納出ETIC之目標有三：第一，培養對環境議題的關懷；第二，發展替代能源的領域專業知識；第三，運用探究來進行學習藉以養成科學家般的思考。發展新興科技的主要目的之一在於改善人類的生活環境並提升其生活品質。近年來一股極大的浪潮強調人類應對自然環境的改變進行反思，而替代能源的研發與推廣即被視爲解決現階段人類所面臨危機的重要途徑之一。據此，S團隊決議以新興科技之替代能源作爲課程發展的重要主軸，一方面該等議題較少出現於現行自然科教材裡，另一方面亦希望藉此培養學生替代能源方面的領域專業知識(會議記錄960621)。Tc2教師在晤談中除說明了瞭解新興科技議題並具備該等知識的重要性外，亦論述到希望提升學生對環境的關懷。而Tp2教師亦直接點明課程的首要目標即在於提升學生對環境議題的關切程度。

> Tc2：地球上的資源是有限的……這樣的課程除了藉由接觸新科技領域讓學生學到更多知識之外，我們指導學生的目標之一也希望他能更關心地球環境的狀態。(正式晤談970717)
>
> Tp2：我們最大的目標是讓學生可以更關注一些影響人類生存環境的議題，透過這樣的方式讓他們進一步對我們的課程感到興趣，也願意去投入！(正式晤談970716)

實施ETIC的另一個重要目標在於促進學生運用探究來學習。在S團隊會議擬定的工作要點即提及「本課程強調主動探究的學習方式，期許學生在教師的協助下能夠像科學家一樣地思考，主動參與獲得知識的過程，並應用獲得的知識解決問題的學習方式」(會議記錄960914)。教師在訪談中亦顯現出本身對於科學探究的認知與理解。例如Tp2教師晤談中即表示科學探究有助於學生理解科學家的研究過程。而Tc2教師則認爲幫助學生熟悉科學探究過程的過程有助於他們日後科展的研究，也可以讓學生體會到科學的內涵。

> Tp2：幫助學生熟悉探究的過程可以使他們學會如何進行實驗，可以對實驗的規劃有一個基本的流程，更重要的是他們(學生)可以體會認識科學家研究的過程，學習科學家如何在研究中解決問題。(正式晤談970716)
>
> Tc2：希望他們(學生)養成一些基礎的能力吧！而且投入這樣的過程可以幫助他們瞭解科學研究在做些什麼，這對他們日後做科展或選修科系都會有幫助。(正式晤談970717)

## (二)ETIC之課程設計係由教學目標轉化而成，且其課程設計具多元的教學成分

研究發現上述三個主要課程目標指引了S團隊對於ETIC之設計。表1爲S團隊之課程設計一覽表。由表1可發現其主要包括「專家講座」、「補充教學」、「校外經驗」以及「科學探究」等四個主要向度，而每一個向度上則視目標與需求而涵蓋特定教學成分。以下將針對上述四個教學向度進行說明。

「專家講座」主要是邀請相關領域學者進行主題式專題演講。由於替代能源依物理、生物與化學等學科特性可區分爲太陽能、生質能以及燃料電池三大領域，故於工作會議中教師們決議由各科專長的教師來尋找合適的講員(會議記錄960802)。表2爲S高中所舉辦的專家講座其講員與講座內容一覽表，由表2可發現S高中舉辦之專家講座主要可區分爲能源科學、科普知識以及研究方法等三個類別。對於專家講座所帶來之獲益上，教師們認爲其可拓展學生的知識領域，讓他們瞭解當前研究的趨勢以及爲何必須進行替代能源的發展(參Tc2與Tb2晤談內容)。此外，S團隊藉由第一年的課程實施經驗瞭解到學生的研究經驗不足，導致其在科學探究的過程中較容易手足無措(會議記錄960621)，故本年度他們邀請科學教育專長的專家舉辦了二場講座，爲學生介紹了科學探究的意涵以及如何進行與記載科學研究(課程資料961011; 970103)。

> Tc2：在專家演講方面，我們請到的演講者都是在某些領域有深入研究的專業人士，可以讓學生在新知的瞭解或知識層面上有很大的幫助。(正式晤談970717)
>
> Tb2：演講的好處之一在於是拓展學生的視野，跟上世界的潮流吧！(正式晤談970715)

「補充教學」係由S團隊針對學生的需求而設計的教學，其首要功能在於提升學生的知識背景。由於在第一年的課程經驗裡常有學生表示專家講座的內容太深奧導致

表1：ETIC課程向度與成分一覽表

| 課程向度 | 課程成分 | 備註 |
|---|---|---|
| 專家講座 | 能源科學類 | 共舉辦六場，主要分成太陽能、生質能以及燃料電池三大領域。 |
| | 科普知識類 | 共舉辦二場。 |
| | 研究方法類 | 共舉辦二場。 |
| 校外經驗 | 校外參訪 | 共三次參訪，參訪地點包括南科管理局、台達電子公司、成功大學與高雄應用科大實驗室、教育部南部太陽能學校再生能源館、國立科學工藝博物館科學展覽會等。 |
| 補充教學 | 基礎知識建構 | 共七場，內容包括認識太陽電池、認識燃料電池、靜電學、半導體理論、微生物的介紹等基礎課程介紹。 |
| | 研究技能教學 | 共一場，內容包括搜尋文獻技巧、國內外資料庫簡介、電腦輔助分析資料技巧等。 |
| | 小論文寫作指導 | 共一場，指導學生撰寫、修改並精緻化小論文。 |
| 科學探究 | 小組科學探究 | 共爲期九週。 |
| | 成果發表會 | 共一場，讓學生與同儕、教師交流研究成果。 |

表2：專家講座整理一覽表

| 講座類別 | 主題 | 講者背景 |
|---|---|---|
| 能源科學類 | 能源議題介紹 | 應用科學系教授 |
| | 太陽電池原理與技術 | 電機工程學系教授 |
| | 綠色能源之王牌：氫燃料電池 | 環境與能源學系教授 |
| | 生質酒精簡介 | 臺糖研究所工程組長 |
| | 生質柴油簡介 | 化工與材料工程學系教授 |
| | 綠色生物科技研發之展望 | 中研院研究員 |
| 科普知識類 | 回到大自然的懷抱 | 中研院士 |
| | 遊戲中的化學實驗 | 化學系教授 |
| 研究方法類 | 像科學家一樣地思考：主動參與獲得知識的過程 | 科學教育研究所教授 |
| | 如何進行與記載科學研究？ | 科學教育研究所教授 |

他們有點聽不懂，因此S團隊依其學科專長共計規劃了6次的基礎知識建構教學(物理3次、化學2次、生物1次)，藉以聯繫專家們和學生之間因知識差異形成的鴻溝(會議記錄960822)。「補充教學」的第二個重要功能爲養成基礎能力。某次工作會議中有教師認爲學生找資料的管道多元，且大多利用上網的形式，而爲了促進學生所找到資料的品質，其建議可教他們如何上各大學的圖書館網站查詢，或利用館際合作方式借閱或是透過網路資料庫找期刊文章(會議記錄960822)。因此教師們於本學期規劃了一次研究技能教學的課程，其內容除了講解搜尋文獻之技巧、進行國內外資料庫簡介，亦教導學生透過電腦輔助來進行資料分析，爲其往後進行科學探究所需的基本技能預作準備。晤談中Tb1教師指出，透過這種基礎能力的養成將有助於學生進行更具深度的研究。

> Tb1：我是覺得……資料蒐集的能力很重要……怎麼說，他們要去找資料才能知道怎麼去做探究，才能知道別人做了什麼……就是提升研究的深度。(正式晤談970715)

先前的成功經驗亦影響S團隊對於課程設計的思考。由於參與第一年探究本位課程的120位學生中有79位學生參加教育部之高中生小論文比賽獲獎，因此個案教師希望能再度複製此成功經驗，而此爲形成小論文指導的原因之一。再者，有鑑於學生下學期開始進行科學探究後必須撰寫相關的研究報告，因此教師們認爲若能藉由上學期結束後之寒假時間讓學生開始撰寫小論文，可藉以幫助他們開始思考研究的主題與可行性，如此於開學後進行的指導與討論俾能獲致更佳成效(會議記錄960822)。最後，小論文寫作讓學生有機會將專家講座、補充教學及其資料蒐集的結果進行系統的分析與統合，藉以沈澱所學的替代能源相關知識。因此S團隊於下學期初規劃了一次指導學生小論文的教學。由Tb2教師晤談中，研究者亦得到上述驗證。

> Tb2：小論文比較傾向學生把學過的東西或是蒐集到的資料轉化成自己的東西……主要是訓練學生可以把蒐集來的資料及文獻彙整成自己的心得、想法。(正式晤談970715)

「校外經驗」係一種帶領學生走出學校後的非制式學習經驗，而S團隊規劃了如公司企業、大學實驗室以及博物館等地點讓學生進行參訪(參表2)。校外參訪規劃於學生開始進行科學探究之前，S團隊希望藉此來引發學生對探究主題的思考(會議記錄960913)。由教師之晤談可發現「校外經驗」可做爲學生學習動機的誘發，此外，藉由參觀以及專業人員的解說，學生可更深刻地發現他們常聽到的一些專有名詞或理論是如何被運用於生活中，這樣的課程規劃提供理論與實務結合的機會。

Tb2：學生有機會出去都很興奮也會學得比較高興吧！(正式晤談970715)

Tp1：學生透過參訪可以瞭解這些議題在現實生活中是如何應用的，以及各個新興技術在目前發展的狀況。(正式晤談970716)

「科學探究」始於下學期，共計爲期9週。由Tp1之晤談得知此時係以一種強調學生爲主、教師爲輔的模式來進行。S團隊決議科學探究的進行採取分科的方式，先讓學生進行分組並挑選其感興趣的研究主題，爾後視其主題的屬性再進行分科的指導，而S團隊中的每一位教師分別指導1 ~ 2個探究小組(會議資料960621)。在探究學習的實施上，每一組的學生主要依其感興趣的主題進行研究並獲得結論，過程中學生必須藉由教師提供的學習單記錄其探究學習的過程，此外，個別小組和指導教師可藉由每一週的固定上課時間進行討論，藉以調整研究的執行。

Tp1：我們希望學生在探究的過程中，朝著可行的方向進行並達到可行的結論，是學生自行去完成的……老師就是扮演輔助的角色。(正式晤談970716)

此外，由於不同學科其執行研究之需求與情境不同，因此探究的過程與結果可能亦有所差異。據此，S團隊形成讓每一個組別有機會去分享彼此研究過程與結果的共識(會議記錄960621)，故在科學探究的時程結束後，其規劃了一週的成果發表會讓學生上臺進行口頭的報告，並對老師與同儕們的提問進行說明。成果發表會讓學生有機會分享與交流所做的成果，並學習如何提問、解釋、澄清、辯護或反駁。這種交流的機制不但讓學生有分享他人經驗的機會，亦促使其反思自己的研究。

相關實徵研究亦顯示了探究課程的實施應體現於多元的教學成分。如Zion等(2004)在強調真實性探究的目標前提下，發展涵蓋數個教學成分的探究課程，其包含了培養基礎研究能力的「實驗室活動」；讓學生藉由觀察現象與獲得校外經驗來形成研究問題基礎的「田野研究」；指導學生完成實驗報告、田野研究結果以及研究計畫書等「科學報告的撰寫」；讓學生在時間與設備的限制範疇內，規劃並執行一個可行的「自發性研究」藉以回答研究問題。Park Rogers與Abell (2008)利用講述、實驗活動、綜合討論以及專題研究等來實施探究本位課程，「講述」的重點在於引介主題並說明其中的重要概念；「實驗活動」則是讓學生進行基礎的實驗，旨在讓學生獲得研究經驗；「綜合討論」則是讓學生藉由教師引導與小組討論的方式，將其研究經驗與結果進行統整，最後讓學生進行自主的「專題研究」，此時學生

可改變實驗中的變項並針對假設來驗證之。S團隊的課程設計係以其教學目標爲依歸。爲了提升對環境議題的關懷、對新興科技議題的理解與知識的建立以及幫助學生運用探究進行學習，S團隊藉由「專家講座」、「補充教學」、「校外經驗」以及「科學探究」等教學設計來體現之，上述教學成分呼應了相關研究對探究課程成分設計的觀點。

## 二、ETIC之實施機制包含刺激誘發、教學介入以及引導探究

ETIC係教師「由下而上」發展、設計並實施的課程，因此在實質的教學與策略上將相異於平時教師慣用的教學模式。由Tp1與Tc2的晤談內容發現，其認爲ETIC在過程與結果上不同於平時的教學情境，因此不僅學生面對新的學習挑戰，對教師而言在學習結果、學生反應等不同面向的預測上實屬困難，據此，教師在教學角色的扮演上亦需更加多元藉以因應上述新的挑戰。

> Tp1：平常學校的課程是固定的，所以學生們的反應是可以預測的，但是現在(ETIC)是屬於開放式的，學生會提出什麼問題我們是不知道的……只能教正確的方法然後以更謹慎的態度鼓勵他們(學生)。(正式晤談970716)
>
> Tc2：其實我們所扮演角色最大的挑戰在於這不是我們一直以來在帶的課程，所以像學生的反應、困難……就是很多狀況都是非預期、突然的，並非我們之前遇過或是可以全部掌控的。(正式晤談970717)

而根據觀察記錄與晤談資料，研究者發現S團隊在上述挑戰下其實施ETIC主要採取三種機制，包括「刺激誘發機制」、「教學介入機制」與「引導探究機制」。研究發現，S團隊教師在上述不同實施機制下扮演不同的角色，藉以適切於ETIC的教學情境裡。以下將針對上述三種不同的課程實施機制提出說明。

### (一)刺激誘發機制旨在引起學生動機藉以提升其自主學習

根據研究者的觀察記錄，S團隊在學期初第一堂課係由Tp1教師導讀《科學人》刊載的一篇期刊文章，藉以作爲教學的起始點，而該次課程的重點在於引導學生學會如何閱讀重要文獻並鼓勵他們進行重點的摘錄，此外，研究者亦發現Tp1教師在導讀過程中不斷以重要名詞(例如溫室效應、替代能源)提示學生可據此進行更多的資料蒐集。Tp1教師課後晤談指出本次課程的目的在於引起學生對於能源議題的注意，並能瞭解爲何發展替代能源是重要的，除此之外，也希望讓學生能約略的瞭解替代能源的範疇，形成他們在未來進行科學探究的啓發(非正式晤談960830)。

> 因為是第一次上課，所以Tp1教師主要以導讀的方式讓學生瞭解當前環境問題，此外並進而延伸說明本年度課程為何要以替代能源作為課程的主軸。可以發現到大多數的學生都認真做筆記摘錄老師導讀的重點。S團隊其餘教師們則於教室周遭觀察學生的學習狀況與反應。(觀察記錄960830)

刺激誘發機制亦時常出現於教師們促進學生與專家進行互動的過程中。根據研究

者的觀察記錄，在多次專家講座結束之後學生皆熱衷於與講者交流並提出相關的問題諮詢。以某次專家演講爲例，由於該場演講的黃教授在過程中運用了有趣的動畫來展示出燃料電池的運作機制，此外，其幽默風趣的言談亦使學生大多能高度投入於演講的過程，因此在演講結束後約有十來位同學在黃教授收拾東西的短暫空檔向其進行請益，然而由於課程編排上有其時間限制，因此並非全部的同學皆有機會與講者進行對談。

> 本場演講獲得同學的熱烈回饋，在結束之後還是很多同學希望能跟教授進行請益，不過只有前幾位同學有實際跟教授進行對話，因為時間的關係，另外許多同學在本堂課就沒有機會與專家有所互動。(觀察記錄961122)

研究者發現S團隊在學生與專家互動過程中多扮演從旁鼓勵但不直接介入的角色，多鼓勵學生藉由資料查詢、比對，甚至透過寫信向專家請教等機制來解決其疑惑。如Tb1教師在該次課程後的晤談即指出「今天問問題的學生很多……黃教授今天演講有提供一些網站，沒有機會當場問問題的人我會要求他們先去網站上搜尋資料看看能不能找到答案」(非正式晤談961122)。而Tc2教師在正式晤談中亦說明了他們所扮演的角色。

> Tc2：他們(學生)有時候演講之後沒問到問題的人會來找我們(教師)，我們大部分是以一種鼓勵的方式跟他們說那裡可能可以找到想要的答案，或者是請他們以寫信請教的方式學習跟專家交流。(正式晤談970717)

綜上所述，刺激誘發機制的重點在於提升學生的動機，並鼓勵、引導學生進行自主學習。Hidi (1990)針對個體的學習提出「情境興趣」(situational interests)的概念，此係指一種短暫出現的特定情境藉以激發出學生的聚焦與注意，而根據相關實徵研究之結果(Ainley, Hidi, & Berndorff, 2002; Hidi & Harackiewicz, 2000; Palmer, 2005, 2009)可發現藉由促使「情境興趣」經驗的重複發生，可用來發展學習者的長期動機。ETIC在前期舉行了多場的專家講座，除了強化學生對於新興科技議題的認識外，其或許亦形成維持學生日後進行長週期科學探究之動機基礎。

### (二)教學介入機制係藉由結構化的課程來提升學生的知識與技能

在Tc1與Tp2教師的晤談中可發現在開放式的課程情境下，實施提升學生知識背景與基礎能力之補充教學仍是必須的。此外，研究發現其將教學介入機制的功能角色界定如下：第一，其爲S團隊爲學生與專家之間建構的搭橋；第二，S團隊將其視爲科學探究的基石。

> Tc1：老師授課的部分應該是針對教授的演講做補救的教學，因為其實學生有某些程度的知識區塊是教授無法填補上去的，我們主要是針對這個部分做教學，利用比較淺顯的授課方式讓學生容易瞭解。(正式晤談970717)
>
> Tp2：之後要學生進行探究一定要有知識基礎，但是他們也是一開始接觸這個會有很多不懂……一開始我們老師可以幫忙教一

點，強迫學生學一些基礎知識跟能力之後他們會進行得比較順利。(正式晤談970716)

上述補充教學體現於結構化的課程安排，其包括了教師講述式教學以及學生的實作活動。由於補充教學的最主要功能在於建構學生的基礎知識與技能，因此教師們此時的共識即爲透過組織好的課程單元進行直接教學，藉以讓學生建構其知識基礎。在上述課程裡除了有基礎理論的說明外，亦著重讓學生有動手操作的經驗，藉以養成研究必須的基礎能力。例如物理科的三次課程內容包含了認識太陽電池的基礎實驗活動(三用電錶使用、影響太陽電池發電變因測試、太陽電池之應用；960927課程資料)、講述式的靜電學概念教學(課程資料961004)以及半導體基礎概念教學(課程資料961025)；化學科二次課程內容包含了認識電化電池的基礎實驗活動(課程資料961101)、能源轉換與燃料電池之介紹(課程資料961115)；生物科的課程內容則是微生物的介紹與基礎實驗(課程資料961220)。

以研究者的某次觀察記錄爲例，由於該次教學的活動之一乃希望學生懂得三用電錶的操作步驟與注意事項，因此在教學流程上係藉由教師先行講解後學生再一進行實際操作的形式來進行，值得注意的是，在學生具體操作的同時，S團隊教師們亦同時穿插於小組之間並扮演認知教練的角色，爲學生提供即時的學習回饋(觀察記錄960927)。而透過Tp1教師的晤談中可得知上述教學具有其結構與功能性。

Tp1：活動一是介紹三用電錶，對學生來講這個部分的重點在於先學會儀器的使用，因為要學會三用電錶之後才可以對接下來的實驗活動進行量測……像要求學生針對太陽能電池量測電壓、電流跟照度彼此關係等……這些活動彼此之間要有順序的安排。(非正式晤談960927)

S團隊的結構化課程安排係以學生爲出發點，因此在課程實施的考量上是以縮小學生與教師訂定之目標二者間的距離爲依歸，Tc1教師晤談中以搭橋的比喻來說明其結構化課程的實施理念。

Tc1：我們是覺得對一個剛從國中畢業的學生來講比較缺乏科學研究的完整訓練，如果完全放手讓學生做，其實效果會很有限，所以我們把課程的安排當作一種橋樑的角色，把橋架好然後看學生能學到多少再進行調整，這是一個在執行上比較可以達成目標的理想方式。(正式晤談970717)

因此，教學介入機制係藉由結構化的課程來提升學生的知識與技能。當代學習觀點認爲個體的先備知識狀態爲影響其學習的重要因素(NRC, 2000a)。Baumgartner與Zabin (2008)研究發現，導致專題活動教學成功的最關鍵因素在於將專題與相關課程主題的連結，學生在該等連結裡將被賦予足夠的基礎知識來執行專題研究。ETIC注重基礎知識與技能對學生探究學習成效影響之重要性。此呼應了當代對學習秉持的觀點以及Baumgartner與Zabin的研究結果。

### (三)輔助引導機制係藉由學習工具的提供與教師引導來促使學生進行完整的探究學習

研究發現ETIC藉由學習工具的輔助以及教師的引導促使學生經歷完整的探究學習過程。由於ETIC的目標之一在於促使學生利用探究進行學習，故某次專家演講之主題即在介紹相關內容，該次演講題爲「像科學家一樣地思考：主動參與獲得知識的過程」，而內容上係由科學教育領域專家以科學家如何進行研究爲主軸，進而延伸出探究學習的意涵與過程(課程資料961011)。在該次演講結束二週後，S團隊舉行工作會議，會議中教師們認爲讓學生經歷完整的探究學習過程實屬重要且符合ETIC的本質，但考量學生探究經驗的缺乏，故其決議除了依原本的規劃由每一位教師個別指導1～2個探究小組之外，其另外設計「研究日誌」作爲輔助學生進行探究學習的紙筆工具(會議資料961025)。由Tc1教師的晤談內容中亦可得到佐證。

> Tc1：我們認為形成探究的能力不是短時間就可以培養的……要在限制的時間內有一些成果當然老師要加一些催化劑，要扮演督促跟引導的角色。(正式晤談970717)

在輔助學習工具的提供上，「研究日誌」爲S團隊提供給學生進行探究學習的重要輔助工具。「研究日誌」係供每一個小組記載其研究過程的學習單，其內容主要以規劃、執行、處理與分享等四個不同的階段來引領學生進行研究過程(課程資料970103)。在規劃階段，日誌內容包含了「綠色能源初體驗」、「資源特搜調查表」、「問題－假設－預測清單」與「實驗規劃清單」等數個子成分。規劃階段的重點除了在於訓練學生由多元管道蒐集資料並將其進行重點摘要的能力之外，亦希望學生能嘗試形成研究問題且提出假設與預測，此外，學生被要求針對研究中可能涉及的變項、觀察、測量乃至相關儀器等進行預先的思考與規劃。執行階段的日誌內容包括了「實驗裝置設計圖」、「實驗大頭貼」與「實驗過程記錄表」等子成分，此階段的重點在於要求學生記錄其實驗過程，包括實驗中遭遇的困難、特定事件乃至處理方式等。處理階段的日誌內容包括「資料處理分析表」與「研究成果說明表」，其重點在於引導學生進行資料的分析並形成結論，此外，亦要求學生連結相關的科學概念藉以形成更深層的解釋性研究結論。而分享階段的日誌包含了「反思回顧單」與「分享計畫書」二子成分，其旨在要求學生回顧研究過程並檢討可加以改善精進處，此外，此階段亦要求學生思考如何將其研究成果以適當的形式與其他同學、師長進行討論與分享。

ETIC的科學探究係採學生爲主、教師爲輔的型態，因此學生在研究問題、實驗程序乃至儀器使用上具有很大的自主空間，此時教師面臨的挑戰在於必須隨時與學生一起面對並引導其解決遭遇的困難。因此儘管強調自主的科學探究，但研究發現教師在學生的探究過程中常扮演一種共同參與者的角色。以下範例可說明上述之發現。研究者在某次的課室觀察發現Tc2教師花了很多的時間（約半小時）停留在同一個小組，其主要在跟學生說明儀器的操作，且過程中亦透過親自操作的方式讓學生更加理解如何獲得其所需的實驗數據(觀察記錄970327)。Tc2在課後的非正式晤談說明如下。

Tc2：今天學生遇到的問題很特殊……我私下用同樣的步驟去測試儀器都是正常的，但當學生自己操作時就會有狀況……我認為最好的解決辦法就是直接參與他們的過程，跟他們一起討論發現問題出在那裡。(非正式晤談970327)

研究中亦發現，教師常在研究主題的範疇與可行性上給予學生建議。例如Tp1即表示針對學生形成的探究主題給予建議有助於在有限的時間與設備之狀況下完成實驗的過程；Tp2教師亦認爲讓學生思考可用的設備與素材有助於其形成研究的範疇；而Tb2則藉由限制學生探究主題裡變因的操弄來引導其進行科學探究。

Tp1：我們老師會針對學生的題目(探究主題)給予適當的建議，有時候他們的想法會天馬行空，我們必須要說服學生有些實驗在這個階段是沒有辦法執行的……畢竟時間只有一個學期還要考量設備與技術上的問題。(正式晤談970716)

Tp2：我們會希望學生自主有一個方向性，但假如方向走偏的話，如果有老師在旁提醒督促可以讓學生走回來，比如說學生想製作太陽電池的IC，但是就要讓他們瞭解學校設備的限制再重新想一下。(正式晤談970716)

Tb2：我在指導的時候會限制較多的變因幫學生把題目(探究主題)修成他們能力可及的範圍，還有像時間性的因素學生就比較難抓到……我都會適當修改學生的問題讓他們在可行的範圍裡面去做。(正式晤談970715)

綜上所述，輔助引導機制係藉由學習工具的提供與教師引導來促使學生進行完整的探究學習。Tsai (2003)研究發現，臺灣的科學教師與學生彼此之間對實驗室環境的觀感存在差距，對教師而言其較關切的是實驗室的儀器設備完善與否；但對學生而言他們更關切實驗室環境裡的同儕凝聚、開放式結果以及明確的規範等向度。上述研究結果顯示教師與學生在實驗室的學習情境裡有時可能是處於不同的陣線，此對學生於實驗室環境產生的學習歸屬感可能產生影響。本研究發現教師以共同參與的方式來形成輔助與引導，藉以解決學生探究過程遭遇的困難，這種以協助學生解決困難爲出發點的教學不但呼應了引導式探究教師角色的功能，亦可作爲說明ETIC能夠促使學生運用探究進行學習的重要原因之一。

## 三、學生之學習經驗符合ETIC的目標，且其體會科學研究必須的投入與堅持

如先前所述，ETIC的主要目標包括了培養學生對於環境議題的關懷、發展替代能源的專業知識以及促使學生能運用探究進行學習。據此，研究者根據上述三個主要目標進而歸納整理80位學生於一整年課程結束後填寫之開放式問卷，藉以揭示出學生的主要學習經驗。

首先在對於環境議題關懷之目標向度裡，高達90%的學生($N$ = 72)表示參與ETIC有助其瞭解人類生存環境面臨的困境；而亦有63%的學生($N$ = 50)認爲參與ETIC將使他

們日後對於環境與能源的相關訊息會更加關注。而在發展替代能源專業知識之目標向度，有68%的學生($N$ = 54)認爲參與ETIC對於其替代能源方面的相關知識提升有明顯的助益；而58%的學生($N$ = 46)則指出，參與ETIC後有助於他們對替代能源相關訊息(例如新聞報導、期刊文章等)的理解。最後在促進探究學習的目標向度上，計有65%的學生($N$ = 52)認爲在ETIC的情境中有助於養成主動學習的習慣與態度；亦有60%的學生($N$ = 48)表示在ETIC的學習過程裡有助提升他們的探究能力。研究者進一步分析上述48位學生之問卷填答後發現，其中96%的學生($N$ = 46)認爲其在「實驗規劃與執行」的能力提升上有所進步；而83%的學生($N$ = 40)指出其「資料蒐集與統整」的能力有進步；80%的學生($N$ = 38)則認爲在「形成研究問題」能力上有所提升。

除了上述主要的學習經驗外，研究者亦發現ETIC使學生更能體會進行科學研究必須的投入與堅持。在所有學生的問卷填寫內容裡，約有三分之一的人($N$ = 26)提到ETIC的情境使他們更能體會進行科學研究是一個必須投入大量心力且爲期漫長的過程，此外，由於過程中必須時常面臨失敗的挑戰，因此堅持的態度與精神很重要。例如某位同學在其問卷中提及「我們現在做的實驗跟國中做得不太一樣，老師不會跟我們講要怎麼做……要花比較多的時間而且不一定有結果，如果堅持不下去蠻容易放棄的」。研究者在與Gb小組晤談過程中亦出現可佐證上述發現之內容。

S1：我們常常都是用午休的時間去看海藻養得怎麼樣，一開始花了很多時間但是(藻類)還是死光了。(笑……)

S3：對阿！一開始花的很多時間都浪費了，結果研究都沒有成果。

R：那後來怎麼解決呢？

S1：就是先找一些人家怎麼養藻的資料阿，後來再去找老師討論，結果可能是光源太強了！

R：那你們有什們研究心得可以分享嗎？

S2：就是要很堅持啦，還有就是高二選組的時候可能要好好思考一下了！(組員笑……；Gp小組晤談970710)

綜上所述，ETIC的每一個課程目標面向皆有超過半數的學生提出相關的學習經驗，顯示大多數學習者在ETIC獲得的學習經驗能符合該等課程的主要目標。值得注意的是，研究亦發現ETIC提供給學生更爲「真實」(authentic)的研究情境，在該等情境裡學生更能體會科學研究所必須的投入與堅持，以及其結果的不確定性。

## 四、綜合討論

本研究旨在探討一個高中教師團隊如何設計並施行探究本位課程，研究主要發現藉由學校教師團隊採由下而上的探究本位課程設計與實施蔚爲可行。針對教育部近年來鼓勵各級學校去建構具有特色的學校本位課程，本研究的結果即可呼應該等訴求。以下將就相關研究發現進行討論。

近年來科學教育出現一些透過科學教師與領域專家彼此產生合作關係的相關研究(Drayton & Falk, 2006; Marx, Honeycutt, Clayton, & Moreno, 2006; Thompson, Collins, Metzgar, Joeston, & Shepherd, 2002)。該等研究的主要訴求在於縮小學校科學教育與真實

科學情境之間的分歧，此外，藉由上述合作關係可提升科學教師其專業素養的層次，亦可讓相關領域專家更瞭解K-12的科學教育內涵。Drayton與Falk指出，在科學教育裡針對教師與科學家之間的合作關係一直以來是重要的議題，然而卻缺乏研究探討雙方之間應如何進行有效的搭配。本研究發現ETIC藉由邀請領域專家與學者帶給學生關於新興科技的最新訊息，這些資訊或許並不全然出現於教科書中，故對教師而言此亦爲一拓展自身專業素養的機制。再者，研究中亦發現S團隊以「鼓勵」與「補充」的方式來連結學生與專家之間的鴻溝，這種由專家扮演火車頭並由學校教師作爲推進器的合作型態或許可爲科學教師與領域專家間的合作關係帶來啓發。

ETIC的「專家講座」共計有能源科學、科普知識以及研究方法三個類別，前二個類別的講座旨在拓展學生的知識領域，研究方法講座則在於幫助學生理解如何進行科學研究。在相關文獻中，凌美瑗(2006)發現專題講座的進行有助於增加高中學生學習科學的興趣並強化其自信，此外，亦提升其參與科學活動的次數。本研究雖未實際探討「專家講座」對學生產生的影響，但從研究者實際的觀察發現學生頗熱衷於和講者之間的互動，也能藉由教師的鼓勵主動與專家產生更進一步的交流，皆顯示該等課程情境對於學生在ETIC中的主動學習有所助益。

ETIC之「補充教學」的功能性在於培養學生關於替代能源的先備知識與相關的研究技能，藉以接軌於新知識的學習與之後的自主探究，此與Hinrichsen與Jarrett (1999)所提出的「連結」(connecting)觀點類似，認爲學習者必須將其個人的科學理論與科學社群中廣爲接受的概念相連結。類似的課程成分亦出現於相關的實徵研究中，如Zion等(2004)在學生進行自發性研究前會利用先行的實驗室活動來培養學生的基本技能，例如形成問題與假設、測量技能的養成、運用電腦分析資料的能力、撰寫報告等。而Park Rogers與Abell (2008)研究中的探究課程實施也在初始階段利用講述教學來爲學生進行主題的介紹以及實驗工作的說明與討論。

先前研究結果指出讓學生進行單純實驗室活動無法有效提升其動機(蔡執仲、段曉林，2005)。研究中發現教師藉由參訪的課程規劃賦予學生「校外經驗」藉以提升其動機，並促使理論和實務結合的機會。相關文獻論述支持了S團隊教師們設計此課程成分的理念，如Gibson與Chase (2002)認爲非制式且具探究導向的科學教育機會可增進學習者對科學學習的興趣。NRC (2009)認爲非正式學習環境的科學學習成效包括了個體能獲得自然與物理世界的經驗並提升其興趣與動機。Uitto, Juuti, Lavonen與Meisalo (2006)認爲學習者的校外經驗可發生於家裡、可產生於每天與同儕的互動過程中、可藉由看電視或閱讀書本與雜誌、亦可藉由學術機構的參訪來引發。本研究發現ETIC的校外經驗主要來自於參訪，然根據Uitto等的看法顯示ETIC在此成分的規劃與設計仍有更加精緻化的空間。

ETIC的目標之一在於促使學生運用探究進行學習，而根據會議資料、觀察記錄與晤談結果發現教師係以「引導式」的方式來達成上述目標。楊秀停與王國華(2007)研究發現國小學童在教師適度的引導下方能表現出設計實驗的能力。本研究之學習者雖爲認知發展較爲成熟之高中學生，但研究發現仍呼應了楊秀停與王國華的研究結果，顯示引導式探究有其價值與重要性。而針對教師在引導式探究可能遭遇的教學困境，Furtak (2006)研究發現引導式探究對教師的挑戰在

於如何處理學生形成的暫時性結論並持續促進學生自主的探究學習。本研究發現教師們常在研究主題的範疇與可行性、實驗程序乃至儀器操作上給予學生指導建議，此外，其係以一種共同參與者的角色與學生一起面對遭遇的困難。

本研究發現教師對學校本位探究課程的教學感到較難以掌控，而根據晤談結果發現其最大的原因係來自於學生會形成較無法預測的反應且提出預期外的問題。據此，教師本身的學科知識與技能足夠與否於此將扮演重要的角色，而此發現呼應了Zion等(2007)探討教師在探究教學實務上可能遭遇困難的影響因素。然而本研究進一步發現，面對上述教學的困境與挑戰反而促成了教師們專業發展與交流的機會，此可能來自於與領域專家的交流以及教師團隊成員彼此之間的支援，上述結果亦顯示了教師於學校本位課程的發展與實施過程中透過專家的支援以及利用團隊的合作之重要性。

本研究亦發現ETIC藉由提供「研究日誌」作爲學生進行自主探究時的紙筆輔助工具，該等工具架構出學生在規劃、執行、處理與分享等不同階段必須達成的任務內容，而上述四個階段所勾勒出的探究過程包含了形成研究問題、實驗設計與執行、資料蒐集與分析、形成研究結論與研究之反思與交流，此符合文獻中對於科學探究的理論定義。上述發現顯示，在學生探究學習的過程中，若能藉由相關紙筆輔助工具的提供，則可形成一種促進學生更趨向目標的學習鷹架。鷹架乃一種協助學習者經歷趨近發展區間的重要機制。Krajcik等(1998)認爲在學習者的探究過程裡提供結構化的支持是必須的，特別是在形成問題的階段，以及在整個探究過程中促使學習者確認其實施程序與研究問題二者之間的相關性。van der Valk與de Jong (2009)亦認爲可藉由提供適當的撰寫素材作爲學生的學習鷹架。相關實徵研究中，謝莉文(2005)於學生探究過程中融入「提出問題」以及「分析詮釋」紙筆式反思類型鷹架，結果發現對學生在研究問題的品質以及資料的處理流程上有所助益。因此，教師們除運用引導的指導方法外，並透過學習工具的輔助來呼應ETIC在探究學習層面上的設定。本研究的發現支持了上述文獻的論述。

最後，研究發現大多數學生的學習經驗與ETIC的目標相符。值得注意的是，有三分之一的學生在其問卷內容提及參與ETIC使他們更能體會進行科學研究必須的投入跟堅持。由於ETIC提供的是一種更貼近科學家研究的真實情境，因此學生研究過程中面臨的係屬「結構模糊」(ill-structured)的問題空間，此時學習者必須要思考更多的變數並且探索更多的不確定性，故學習者在解題策略的獲得以及對研究結果不確定性的容忍程度上將形成艱困的挑戰。此外，結構模糊的問題情境通常是複雜且缺乏解題線索，其使得學生必須從事一些高層次的思考技能來獲取足夠的解題資訊。而在上述歷程中，學生可能會對問題情境作出許多分歧性假設，亦可能得到一些衝突矛盾的證據，此都仰賴其花費更多的時間與精力來解決之。此或許是ETIC爲何讓學生能夠體會進行科學研究必須的投入跟堅持之原因。

## 伍、結論與研究建議

### 一、結論

本研究主要目的即在於揭示出一所高中如何藉由教師團隊的合作來施行融入新興科技議題之探究本位課程，並進一步探討該等課程的設計、實施與學習者的反應。研究結果顯示該等課程可藉由專家講座、補充教

學、校外經驗與科學探究等多元的教學成分來設計之，並透過刺激誘發、教學介入與輔助引導等不同機制來具體實施。上述對於個案學校其探究本位課程的設計與實施之發現可進一步精鍊成ETIC的教學模式圖(如圖1所示)。

根據圖1可發現，ETIC在整體結構上係由二個階段組成，圖1上半部的第一階段係由專家講座、補充教學以及校外經驗三者交織而成，主要目的在於提供學生執行科學探究所需的知識與技能，此呼應Ausbel主張「有意義的學習」(meaningful learning)應以先備知識爲基礎的學習觀點。值得注意的是，上述三個教學成分彼此之間有其關聯性，首先補充教學扮演的角色在於形成專家講座與校外經驗的搭橋，而專家講座與校外經驗二者之間又具有相互補充的功能。根據建構主義的學習觀點，學生透過不同的方式來建構概念，故對教師而言，實需採取多元化的教學策略來促進學生的概念學習(Tsai, 2001)。據此，ETIC透過將刺激誘發與教學介入等不同的機制體現於專家講座、補充教學以及校外經驗三者所構成的知識學習體系，此符合建構主義的知識學習觀。

圖1的下半部係指學生進行科學探究的過程，由圖中可發現ETIC藉由規劃、執行、處理與分享等階段構成學生的探究學習。上述四個階段所涵蓋的探究學習範疇包含了規劃階段的初始探索、形成研究問題、實驗規劃；執行階段的實驗實施；處理階段的資料處理與分析、提出研究成果、形成結論；分享階段的研究反思以及研究分享。近年來許多學者提出真實性探究的學習觀點 (Chinn & Hmelo-Silver, 2002; Park et al., 2009; Zion et al., 2004)，真實性探究係指讓學習者經歷與科學家相似的研究過程，而非僅進行簡單的觀察、實驗與詮釋(Chinn & Malhotra, 2002)。據此檢視ETIC所營造出的

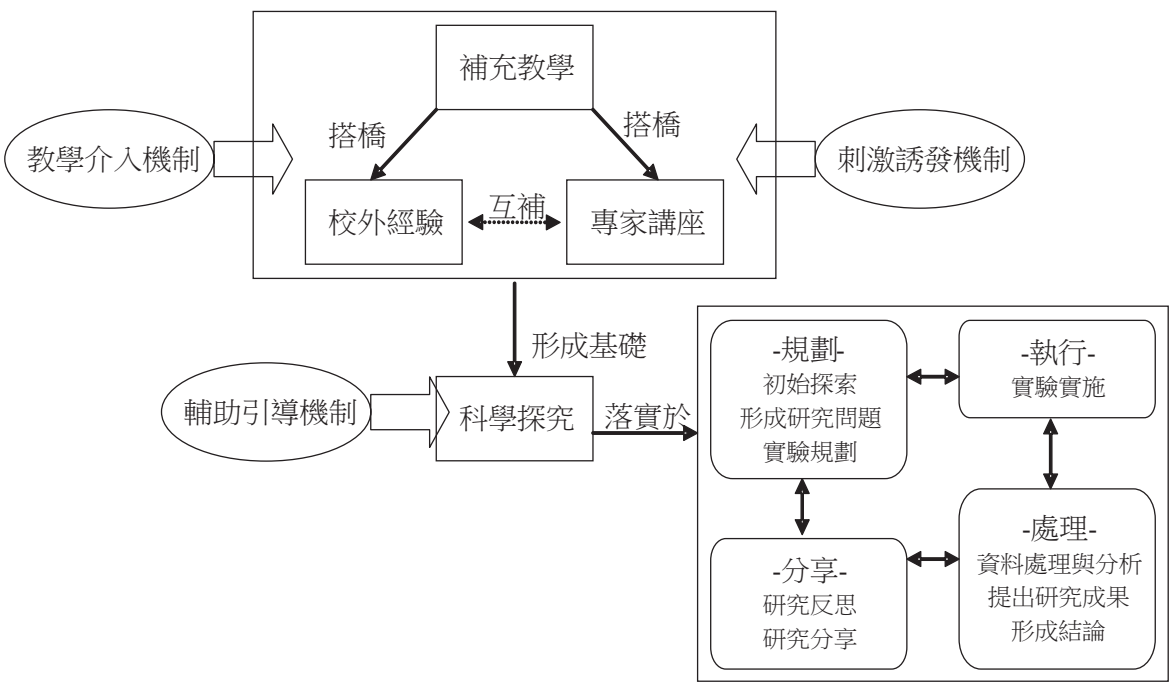


圖1：ETIC教學模式圖

探究情境，顯示其可呼應真實性探究的學習觀點。此外，研究中亦發現ETIC此時係以輔助引導機制來實施，此顯示學生在真實性探究情境下仍需教師的協助與指導。上述結果顯示教師的引導在探究教學扮演重要的角色，此呼應Zion等的研究發現。

總結本研究之結果可發現，以新興科技議題爲主軸的探究本位課程可透過教師團隊的設計與實施落實於高中生的學習。本研究旨在提供一個成功的探究本位課程之設計與實施之案例分析，在該等分析的過程裡著重於探究本位課程的具體設計與實施方式，本研究之結果盼能對未來欲從事探究課程設計與教學的學校與教師有所助益。

## 二、研究建議

本文根據研究結果提出二點建議如下：第一，由於本研究旨在瞭解一所高中在已有相關課程實施經驗的基礎下，如何藉由教師團隊施行一個探究本位課程，故其在體系與結構上已屬較爲成熟的產物。據此，本研究中是以一種最終產物的觀點來探討該等課程。建議未來可擴大研究的時程，亦即進一步涵蓋課程產物形成的前期階段進行探討，此包括從課程的規劃與發展、發展過程中可能遭遇的困境以及如何解決上述困境等面向進行深究，俾提供未來課程發展者更多的指引。第二，本研究僅針對學生的學習經驗進行探討，並未實質對其學習過程與成效進行研究。故建議往後在類似的課程實施中，可進一步針對更多的成效變項進行量測與深究。

## 參考文獻


1. 凌美瓊(2006)。**專題講座對於高中學生科學學習之研究**。未出版之博士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
2. 陳麗華、彭增龍(2007)。全球觀課程設計的新視野：公民行動取向。**教育研究與發展期刊**，**3**(2)，1-18。
3. 楊秀停、王國華(2007)。實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響。**科學教育學刊**，**15**(4)，439-459。
4. 蔡執仲、段曉林(2005)。探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響。**科學教育學刊**，**13**(3)，289-315。
5. 謝莉文(2005)。**鷹架式科學探究課程研發與實踐的個案研究**。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學地球科學研究所，臺北市。
6. Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, *88*(3), 397-419.
7. Ainley, M., Hidi, S., & Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, *94*(3), 545-561.
8. Anderson, R. D. (2007). Inquiry as on organizing theme for science curricula. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 807-830). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
9. Baumgartner, E., & Zabin, C. (2008). A case study of project-based instruction in the ninth grade: A semester-long study of intertidal biodiversity. *Environmental Education Research*, *14*(2), 97-114.
10. Chinn, C. A., & Hmelo-Silver, C. E. (2002). Authentic inquiry: Introduction to the special section. *Science Education*, *86*(2), 171-174.

11. Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, *86*(2), 175-218.
12. Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, CA: Sage.
13. Cuevas, P., Lee, O., Hart, J., & Deaktor, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(3), 337-357.
14. Drayton, B., & Falk, J. (2006). Dimensions that shape teacher-scientist collaborations for teacher enhancement. *Science Education*, *90*(4), 734-761.
15. Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, *8*(3-4), 391-450.
16. Etheredge, S., & Rudnitsky, A. (2003). *Introducing students to scientific inquiry: How do we know what we know?* Boston: Allyn and Bacon.
17. Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, *90*(3), 453-467.
18. Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, *86*(5), 693-705.
19. Guba, E. G. (1981). Criteria for assessing the trustworthiness of naturalistic inquiries. *Educational Communication and Technology Journal*, *29*(2), 75-91.
20. Hidi, S. (1990). Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, *60*(4), 549-571.
21. Hidi, S., & Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, *70*(2), 151-179.
22. Hinrichsen, J., & Jarrett, D. (1999). *Science inquiry for the classroom: A literature review*. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory.
23. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, *88*(1), 28-54.
24. Hogan, K., & Fisherkeller, J. (2000). Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding: A human constructivist view* (pp. 95-127). San Diego, CA: Academic.
25. Jeanpierre, B., Oberhauser, K., & Freeman, C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(6), 668-690.
26. Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, *91*(6), 877-905.
27. Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle

school students. *Journal of the Learning Science*, *7*(3-4), 313-350.

28. Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth.
29. Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
30. Marx, J. G., Honeycutt, K. A., Clayton, S. R., & Moreno, N. P. (2006). The Elizabeth Towns incident: An inquiry-based approach to learning anatomy developed through high school-university collaboration. *American Biology Teacher*, *68*(3), 140-147.
31. National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
32. National Research Council. (2000a). *How people learn: Brain*, *mind*, *experience*, *and school*. Washington, DC: National Academy Press.
33. National Research Council. (2000b). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
34. National Research Council. (2009). *Learning science in informal environments: People*, *places*, *and pursuits*. Washington, DC: National Academy Press.
35. National Science Teachers Association. (2004). *Scientific inquiry & education – NSTA position statements: Scientific inquiry*. Retrieved August 24, 2009, from http://www.nsta.org/about/positions/inquiry.aspx
36. Olson, S., & Loucks-Horsley, S. (Eds.). (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
37. Palmer, D. H. (2005). A motivational view of constructivist-informed teaching. *International Journal of Science Education*, *27*(15), 1853-1881.
38. Palmer, D. H. (2009). Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(2), 147-165.
39. Park, J., Jang, K.-A., & Kim, I. (2009). An analysis of the actual processes of physicists' research and the implications for teaching scientific inquiry in school. *Research in Science Education*, *39*(1), 111-129.
40. Park Rogers, M. A., & Abell, S. K. (2008). The design, enactment, and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: A case study. *Science Education*, *92*(4), 591-607.
41. Pataray-Ching, J., & Roberson, M. (2002). Misconceptions about a curriculum-as-inquiry framework. *Language Arts*, *79*(6), 498-505.
42. Patton, M. Q. (2002). *Qualitative evaluation and research methods* (3rd ed.). Newbury Park, CA: Sage.
43. Roberts, L. F., & Wassersug, R. J. (2009). Does doing scientific research in high school correlate with students staying in science? A half-century retrospective study.

*Research in Science Education*, *39*(2), 251-256.

44. Roehrig, G. H., & Luft, J. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, *26*(1), 3-24.
45. Shiland, T. W. (2002). Reply to Pushkin. *Science Education*, *86*(2), 167-170.
46. 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.
47. Thompson, S. L., Collins, A., Metzgar, V., Joeston, M. D., & Shepherd, V. (2002). Exploring graduate-level scientists' participation in a sustained K-12 teaching collaboration. *School Science and Mathematics*, *102*(6), 254-265.
48. Tsai, C.-C. (2001). Probing students' cognitive structures in science: The use of a flow map method coupled with a meta-listening technique. *Studies in Educational Evaluation*, *27*(3), 257-268.
49. Tsai, C.-C. (2003). Taiwanese science students' and teachers' perceptions of the laboratory learning environments: Exploring epistemological gaps. *International Journal of Science Education*, *25*(7), 847-860.
50. Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., & Meisalo, V. (2006). Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal of Biological Education*, *40*(3), 124-129.
51. van der Valk, T., & de Jong, O. (2009). Scaffolding science teachers in open-inquiry teaching. *International Journal of Science Education*, *31*(6), 829-850.
52. Zachos, P., Hick, T. L., Doane, W. E. J., & Sargent, C. (2000). Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(9), 938-962.
53. Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, *20*(1), 99-149.
54. Zion, M., Cohen, S., & Amir, R. (2007). The spectrum of dynamic inquiry teaching practices. *Research in Science Education*, *37*(4), 423-447.
55. Zion, M., Shapira, D., Slezak, M., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., et al. (2004). Biomind – A new biology curriculum that enables authentic inquiry learning. *Journal of Biological Education*, *38*(2), 59-67.

科學教育學刊
2011, 第十九卷第一期, 1-23

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(1), 1-23

# The Design and Enactment of an Emerging Technology Inquiry-Based Curriculum in Senior High School: A Case Study

**Jeng-Fung Hung and Yu-Kai Chen***

Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

**Abstract**

The purpose of this study was to provide a successful case for designing and implementing an Emerging Technology Inquiry-based Curriculum (ETIC) in a senior high school. The data sources included fieldnotes, a collection of artefacts (such as teaching materials, meeting records), interviews (both for instructors and students), and open-ended questionnaires from all students. The interview participants for this case study included six secondary science teachers and a purposively selected student group, with four students. The results revealed that (1) the objectives of ETIC included a concern for environmental issues, developing knowledge of renewable energy, and involvement in scientific inquiry; (2) the foundation for ETIC curriculum design was built around the objectives above, with the approach including "professional lectures," "supplementary instruction," "out-of-school experience," and "scientific inquiry;" (3) the ETIC implementing mechanisms included "exciting stimulation," "teaching intervention," and "guided inquiry;" and (4) the students' experiences closely reflected the objectives of ETIC. Furthermore, the students recognized important features of scientific research.

**Key words:** Secondary Education, Inquiry-Based Curriculum, Emerging Technology

* Corresponding author: Yu-Kai Chen