在以設計為本的科學探究課程中學生科學本質改變之研究

何宗穎　黃台珠
高雄師範大學科學教育研究 研究生
高雄師範大學科學教育研究所
joel.tw@gmail.com、t1488@nknucc.nknu.edu.tw

摘　要

科學探究活動有助於科學本質的教學，但是理論與實務的差距一直是課程設計所必須克服的問題，如何跨越這個問題有賴於課程在實務中教學、回饋、反思與修正等步驟的緊密結合。本研究以設計研究的觀點與想法，探討如何設計科學探究課程、如何教學以及如何藉由各種實務資料反思課程的設計，本研究報告是整個研究的前導研究，目的在於分析第一階段的科學探究課程實施後，學生科學本質改變的情形，具體對下一階段的課程設計提出建議。

關鍵詞：科學探究課程、科學本質、 設計研究法

一、前言

科學探究課程的發展除了考慮到科學探究活動的真實性，課程設計的本身也是需要來自實施課程後來自於真實情境的回饋，藉由反思與調整，才能落實真正真實探究課程，學習也才能真實的了解科學探究的意義。因此，研究者以設計為本的觀點，發展科學探究課程，希望透過這樣的課程，提供學生能有真實的接觸科學探究活動的機會，這個研究是這個課程發展的第一階段前導研究，透過分析學生在課程實施前後的科學本質改變，作為第二階段精鍊與修正課程的參考。

二、文獻探討

根據 NRC(1996)的定義，科學探究是科學家透過不同的方法來研究自然世界並根據收集到的證據提出解釋，探究同時也是學生的活動，在探究活動中學生發展對科學的知識與了解，並了解科學家如何研究自然世界。科學探究活動可以幫助學生了解科學的知識如何形成，並透過各種不同的科學方法，利用證據來提出解釋。翁秀玉、段曉林（民 86）探討許多學者對科學本質的範疇，認為科學本質的內涵的分類為探討科學知識、科學方法、及科學事業三層面，並大致分為觀察活動、科學方法、科學知識的確認、科學知識的地位、科學知識的成長、科學家的角色、科學社群的重要性七方面。Schwartz, Lederman & Crawford(2004)認為學生跟老師通常缺乏對科學本質正確的

瞭解，而素樸的科學本質可能來自於缺少實際的科學研究經驗，因此，透過科學探究活動在科學教學中，可以用來促進學生對科學本質的瞭解。在科學教室中，科學探究應該包括以學生為中心的專題，學生應該主動的參與探究的過程以及意義的建構，在教師的指導下，有意義的瞭解課程中所傳達的科學的概念 Schwartz, Lederman & Crawford(2004)。而透過探究的情境來學習科學本質，在課程設計以及教學的方法應該要注意到幾個關鍵問題：

1.內隱與外顯的教學方法：也就是科學本質的訊息是隱藏在探究的過程中，或者是藉由討論、引導反思將科學本質的訊息外顯出來。

2 探究為基礎的課程：重視探究活動作為教學方法不是新的方法，已經有許多計畫試圖連結科學探究活動與科學本質進行教學，但是從歷史的回顧，內隱的科學本質教學策略通常是失敗的。

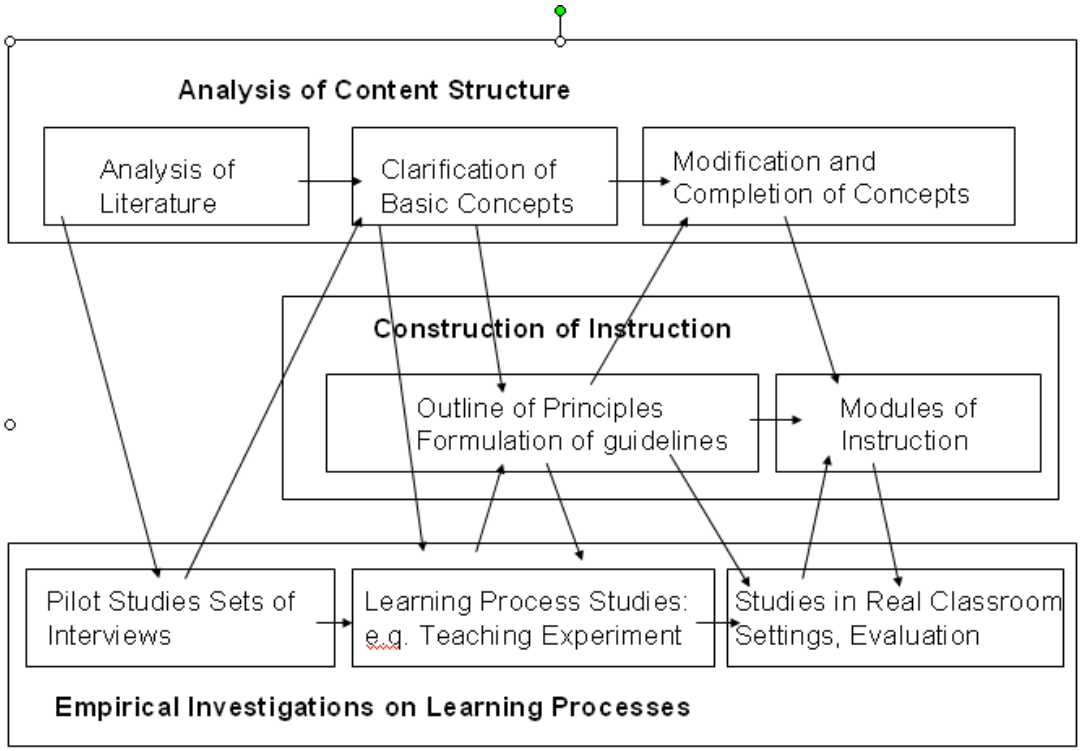
3.教師的科學探究經驗：探究活動的教學的失敗可能是因為教師知識與經驗限制。

4.科學探究應該是在真實的情境之中：參考 Lave & Wenger(1991)的合法周邊參與與學習社群中認知學徒的想法，科學本質的探究活動，應該是在真實的情境中，由教學者引導、鷹架，瞭解科學家是如何工作，進一步讓自己成為社群中的成員，瞭解科學本質的意義。

雖然科學探究活動對於科學本質教學的重要性，在許多的研究都已經被提及，如何設計科學探究的課程到如何實施科學探究課程以及學生在科學探究學習過程中是否能夠達到科學探究課程的意圖，是研究者感興趣的問題，也是在課程發展與科學教學之間需要解答的問題，Lijnse(2000)從研究的本質來看理論和實務差距的問題，她認為，這種差距基本上是由於現在所進行的研究之研究本質造成的。她認為，現行主流的教育研究似乎聚焦在一般理論(General Theory)的探討，而有關教學層面的特定內容相關的理論(Content specific Theory)則被忽略。而這種忽略則是一種從理論研究到實務之間差距的一種嚴重低估(Lijnse,1995)。

Komorek & Duit(2004)提出的教育重建(Educational Reconstruction)的方法可以結合課程目標與實務，教學的建構發展過程是循環漸進的。在循環的過程中不斷的理論的反省、概念的分析，小尺度的課程發展、教室中教與學互動的研究，教育重建包括三個階段（圖一）：

1. 內容結構分析(Analysis of content structure)：結合**科學內容**的結構及**教育的意義**層面的考量後將教學內容加以重建。
2. 實徵研究（Empirical investigation)
3. 教學的建構



圖一：教育重建的模式圖(Komorek & Duit, 2004)

而在教育重建的模式中，設計、教學、分析與反思的關係必須緊密的結合，pilot et al.(2005)也認為課程的設計應該是在真實的環境中獲得回饋，環環相扣的螺旋式的設計每一次的課程，為了捕捉這樣動態的課程設計想法，Linn, Davis 和 Bell(2004)認為由於教育結合了教學情境中快速、不可預期及變化的系統本質進而產生了一種新的研究方法的需求，這種新的研究方法必需能在自然情境中進行干涉性研究。Roth(2005)認為設計實驗法可以被視為一種根據系統觀點的研究方法，在此系統中，研究者及被研究者的互動被具體的納入考慮；並且視此研究系統是真實地位於社會、歷史及文化情境之中的，透過設計研究法的觀點重新思考科學探究課程應該如何被設計？如何實施？可以跨越理論與實務的差距。

三、研究方法

本研究的研究對象為屏東縣偏遠地區的一所國中，總共有 21 名學生，男生 11 人、女生 10 人，除了教室上課之外，也藉由網路虛擬教室的方式，利用非同步討論區讓學生能夠記錄學習日記及討論問題。

課程設計參考關於探究教學活動的文獻，規劃四個主題，如表一：

名稱	摘要	目的
黑袋子？	黑袋子裡面究竟有什麼？	什麼是探究？
足跡的推論	參考 Lederman(2005)的活動設計	觀察與推論
恐龍化石拼圖	如何還原恐龍化石，並推論恐龍的生活？	真實的探究過程
抱蛋龍	抱蛋龍的重新認識	科學知識的修正與改變

所有的活動都是由兩位科學教育博士班學生以及科學教育專家討論後形成，並由兩位老師共同教學，除了問卷資料，訪談、錄影資料、同學的日誌及作業、活動設計的對話等資料都盡可能的被保留下來，作進一步的分析。

四、研究結果

科學本質的量表分為七題,研究者所採用的方法是先將同學前後測開放式填答的答案做第一次分類編碼，然後將第一次分類的結果，進行第二次類別的統整，在第二次類別的整理的同時，按照研究者及研究群的分析，將答案類別排列出反應科學本質的層次。

（一）教科書中的科學定律永遠是對的。請舉一個例子說明你的答案。

將前後測的答案編碼並分類之後，答案的類型可以分為四類：

1.科學定律會改變：敘述包含科學定律會時間改變、會一直改變、會被推翻。

2.科學的改變是進步的：敘述包含科學無法解釋所有現象、因為出現新的資料...。

3 教科書本身的錯誤：敘述包括教科書版本的差異、教科書的錯誤。

4.舉例：只舉例但未描述原因。

由各個分類答案的數量比較，前後測以及答案類別並沒有特別的差異，在四個答案類型之中，類型一與類型二較能反應出對科學知識的認識論觀點，以個別分析的方式看學生前後測的變化，發現有四位學生前測屬於第一類型，後測屬於第二類型，這反應出學生注意到了科學改變的原因以及更進步的想法。

而在第一部份的對與錯判斷，前測有兩位學生認為第一題的描述是正確的，在後測中則改變為錯的，表示這兩位學生開始注意到科學知識是會改變，但是有一位同學(80202)的答案在後測認為第一題的描述是正確的，經過訪談進一步了解該學生的想法，該學生表示因為他從書本上學到的知識，例如連通管，的確是在日常生活中可以發現同樣的現象，因此他認為教科書應該是正確的。

值得注意的是，有五位學生在前後測的答案中，都注意到教科書內容可能是錯的以及教科書版本的差異，這反應出在使用教科書時，必須注意書中所傳達的概念或敘述的適當性與正確性。

（二）科學家分析同樣的資料會得到一樣的結論，請舉一個例子說明你的答案。

根據第二題的前測，只有一位同學(80111)認為第二題的陳述是正確的，而在後測80202 同學改變前測的答案，認為第二題的陳述是正確的。

將第貳題的前後測結果分類整理，歸納出四個類型的答案，分別是：

1.結論是因人而異：認為不同人、不同角度、不同想法所以結論會不同。

2.實驗方法會影響結論：認為結論的不同事因為實驗跟所使用的方法。

3.更詳細的研究跟資料：結論的不同是因為蒐集到更詳細的研究。
4.舉例：多半是以目前科學課程所接觸的概念舉例。

這四個類型的答案中，呈現第一類型答案的次數最多，僅有少數同學的解釋包含了第二類與第三類。這應該與課程進行中，兩位教學者在課程的活動相當重視同學勇於陳述自己的想法，而且鼓勵同學能夠有不同的想法提出，因此，有許多同學都認為結論可能因人而異，在說明中表達第四類型答案的同學，都是在後測中出現，這也是在課程活動有討論的部分。而在後測中，有七位同學選擇舉例子說明其理由，但是沒有詳細說明選擇例子的原因。

（三）第三題 你認為對於科學知識的敘述，哪一個最好？

1.科學知識是不會改變的，科學家經由作實驗來確認已經存在的結果。
2.科學知識是不斷的改變，因為科學知識會作新的實驗產生新的想法。
3.科學知識是不斷擴充的，因為科學家使用由科學實驗獲得的結果，來取代或改進目前的想法。

前測的答案分佈在第二跟第三選項，選擇的次數分別是 7 與 15，後測的答案三項都有同學選擇，選項一有 1 次，選項 2 有 11 次，選項 3 則有 16 次，顯示大部分的同學都認為科學知識是擴充的，經由實驗取代獲改進目前的想法。

（四）第四題：寫出一個你所知到的科學家的名字，可以是真實的人物或是想像的、活著的或是去世的。你為什麼認為這個人是科學家？

將第四題的前後測陳述分類後，可以歸納出四個類型：
1.提出科學家的理論與發現：根據科學家的重要發明、理論，選擇科學家。
2.認為科學等於發明：認為發明很多東西的人就是科學家。
3.重視到科學方法：注意到科學家所使用的方法。
4.課本或上課提到的：僅表示是課本或上課有提到的人物。
在前測中有八位同學選擇阿瑞尼士，六位同學選擇愛因斯坦，其他依序有牛頓、湯木生、道爾吞、愛迪生，而在後測中，有六位同學選擇阿基米德、四位同學選擇牛頓另外則是愛因斯坦與帕斯卡。大部分的同學在前後測陳述都屬於第一類型，也就是以科學家著名或者是當時課程提到的理論來選擇科學家，有三位同學在後測注意到科學家之所以為科學家是因為其使用的科學方法，例如：
80215:：阿基米德，因為他為了國王出給他的難題，想盡了各種可能的關係。
80114：阿基米德，要不斷的去改變科學想法和實驗...。

（五）我在學校的科學與學校外的生活是不一樣的，舉一個例子說明你的答案

第五題前後測的結果，同學的選擇有很大的差異，前測中有 15 位同學、後測有 12 位同學認為學校的科學與學校外的生活是不一樣的，顯示學校中所教的科學與同學的生活是有差距的，僅有部分同學能夠生活中應用以及體驗到學校的科學概念。

這一題的答案陳述有許多的差異，例如：

1. 家裡的理化書籍跟學校講義不同（A52）
2. 學校只有老師教的（A53）
3. 不同老師教的不同（B52）
4. 學校可以親手作（A54）
5. 生活不同體會學校的科學（A55）
6. 校外有豐富的知識（B56）
7. 學校學的是化學（A56）
8. 原理不會因地方改變（A57）

有許多同學都注意到學校內只有老師教的，以及校外有更豐富的知識，但是也有同學表示學校學的比較科學、比較專門的化學，這也反映了目前學校課程安排的趨勢，雖然校外有更豐富的知識，但是學校內的課程是提供比較專業而深入的分科科學，但是如果只依靠老師來教授，提供的知識是比較少的。

（六）當要瞭解新的知識，用記憶的方法比用理解複雜的內容的方法更好。舉一個例子說明你的答案。

第六題是要瞭解同學學習的方法，根據前後測的比較，同學在後測比較傾向於認為理解是比較好的方法，後測只有兩位同學認為記憶的方法是比較好的，從同學的陳述可以歸納為四個類別：

1.舉例，但沒有說明
2.根據科目主題而有差別
3.理解比較好：例如記憶容易忘記、理解會讓知識成為自己的一部份
4 會使用其他方法幫助記憶：例如找相關資訊、加強印象跟聯想

大部分同學的答案都是第三種類型，也就是認為理解是比較好的學習方式，其中有同學注意到記憶的一些限制，例如「用背的需要很大的記憶體，理解才能長久存取」、「理解是長期的，記憶是短的」，另外有同學也反映出學習不同學科而有差別，例如 80203 認為「理解的方式才記得久，用記憶的方式很快忘記。而他也認為國文的學習有部份是記憶、有部份要理解，而社會科的學習沒有用理解而只用記憶。自然科的學習則以理解為主。」，雖然他比較傾向於使用理解的方式，他也提到了學習的方法與學科的差別。而認為記憶是比較好的學習方法的同學，在訪談中則表示是因為他個人的理解力不如別人，所以用記憶的。

（七）對一般的學生而言，科學是複雜而且難以理解的。舉一個例子說明你的答案

第七題的目的在於瞭解同學對科學的想法，前後測的差異並不明顯，後測有半數的同學認為科學是複雜而難以學習的，根據前後測同學說明的陳述加以分類，可以歸納出幾個主要的類型：

1.因人而異。
2.理解的程度：描述自己的理解程度，例如很好理解、不會很複雜。
3.學習的方法：應該如何學科學。

4.科學的複雜性：例如科學中有很多公式、每個東西都可以是很多元素結合成、科學知識由許多人累積...。

雖然在前後測中，無法看出同學整體的改變，但是由個別的分析中，可以發現同學所使用的陳述，看到不同類型的改變，例如：

1. 80231 原本認為科學是還好，不會很複雜，而在後測中，認為科學的複雜可能是自己的知識不夠。

2.80103 前測中認為學習科學如果有心不會難,而在後測中認為一般而言課程所教的比較簡單,但在考卷上卻有許多課程所加而成的。所以比較難,使學生會有所感到複雜。

另外，有少數同學雖然認為科學是複雜而且是困難的，其在科學課程的表現是相當優秀的，認識到科學的複雜性，對同學學習科學的影響為何？是值得進一步探討的問題。

由這份問卷的前後測分析，可以瞭解同學在一個學期中科學本質的改變，雖然其改變不能完全歸因於科學探究課程，反而由同學的答案中發現同學當前的想法是與其接觸的許多課程都有關連，反映出真實課程的複雜性本質，這也是為什麼設計課程需要有實際課程的回饋才能落實。由這一次對於科學本質的分析，回饋到下一階段的課程設計，使研究者注意到幾個需要注意的問題。

1.鼓勵同學的多元思考與意見，但是也要注意到與科學知識如何形成作一個結合，例如結合論證的活動，讓同學能夠體認到知識如何形成。

2.科學知識是如何改變、其改變的過程為何，可以適當的融入在探究活動中，可以結合科學史的議題，讓同學體驗到科學知識形成的過程、以及如何改變。

3.學生的學習不是單一課程與學習結果的簡單對應關係，同時也受其他課程、情境因素的影響，需要以設計的角度，儘可能的捕捉學習複雜性本質，縮減理論與實務的差距。

五、結論

在第一個階段的課程之後對同學的科學本質進行分析，雖然可以對於下一階段的課程提供參考與方向，但是如果以課程設計的觀點，本研究的分析應該要能夠適當而適時的反映出每一次課程進行的的反思，這也是下一階段課程設計努力的方向，希望能夠對真實課程實施能有較即時的資料分析與反思，才能即時的反映到課程的設計中以。

參考文獻

Komorek, M. & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate
teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. International Journal of Science Education, 26, 619-633.

Lederman(2006)。http://www.iit.edu/~ican/website/documents/Teaching_the_NOS.pdf

Lijnse, P.L. (1995), 'Developmental research' as a way to an empirically based 'didactical structure' of science. *Science Education 79* (2), 189-199.

Lijnse, P. (2000). Didactics of science; the forgotten dimension in science education research?. In Millar, R., Leach, J. and Osborne, J. (Editors), Improving science education: the contribution of research. Buckingham, UK: Open University Press.

Pilot, A., Bulte, A., Westbroek. H., & Onno de Jong.(2005). Using authentic practices as contexts, an approach to design chemistry education. The Netherlands –Taiwan Seminar, Taipei, November 2005.